

UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA
FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA INDUSTRIAL



TESIS

**“ESTUDIO COMPARATIVO DE LOS COSTOS DE OPERACIÓN DEL
TÚNEL DE ENFRIAMIENTO CONTINUO Y EL TÚNEL DE
ENFRIAMIENTO CALIFORNIANO PARA OPTIMIZAR EL PROCESO
DE EMPACADO DE LA UVA, EN LA AGRÍCOLA ZEIT ORGANISCH
S.A.C”**

Presentada por:

Bach. Wilson Raúl Crisanto Flores

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO INDUSTRIAL**

**Línea de investigación:
PRODUCCIÓN INDUSTRIAL**

Piura, Perú

2018

UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA
FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

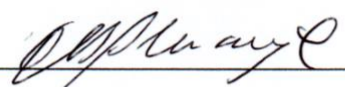


TESIS

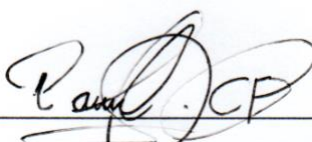
**“ESTUDIO COMPARATIVO DE LOS COSTOS DE OPERACIÓN DEL
TÚNEL DE ENFRIAMIENTO CONTINUO Y EL TÚNEL DE
ENFRIAMIENTO CALIFORNIANO PARA OPTIMIZAR EL PROCESO
DE EMPACADO DE LA UVA, EN LA AGRÍCOLA ZEIT ORGANISCH
S.A.C”**

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: PRODUCCIÓN INDUSTRIAL

Asesor:


MSc. Antonio Adrianzen De Lama

Tesista:


Bach. Wilson Raúl Crisanto Flores

UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA
FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA INDUSTRIAL



**“ESTUDIO COMPARATIVO DE LOS COSTOS DE OPERACIÓN DEL
TÚNEL DE ENFRIAMIENTO CONTINUO Y EL TÚNEL DE
ENFRIAMIENTO CALIFORNIANO PARA OPTIMIZAR EL PROCESO
DE EMPACADO DE LA UVA, EN LA AGRÍCOLA ZEIT ORGANISCH
S.A.C”**

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: PRODUCCIÓN INDUSTRIAL
TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO INDUSTRIAL
APROBADA POR:

PRESIDENTE

Dr. VÍCTOR HUGO RAMIREZ ORDINOLA

SECRETARIO

MSc.DUBERT REYES VÁSQUEZ

VOCAL

Dr. LUCIANO CASTILLO TORRES



UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA
FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
DECANATO



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Los Miembros del Jurado Calificador de la Tesis denominada: «**ESTUDIO COMPARATIVO DE LOS COSTOS DE OPERACIÓN DEL TÚNEL DE ENFRIAMIENTO CONTINUO Y EL TÚNEL DE ENFRIAMIENTO CALIFORNIANO PARA OPTIMIZAR EL PROCESO DE EMPACADO DE LA UVA, EN LA AGRÍCOLA ZEIT ORGANISCH S.A.C.**», presentado por **WILSON RAÚL CRISANTO FLORES** Bachiller de la Escuela profesional en **INGENIERÍA INDUSTRIAL** asesorado por el **MSc. MANUEL ANTONIO ADRIANZÉN DE LAMA**, Reunidos para la sustentación de ésta y luego de escuchar su exposición y las respuestas a las preguntas formuladas, la declaran:



Con el Calificativo:

PROBADO.

MUY BUENO.

En consecuencia el sustentante se encuentra **apto** para recibir el título profesional de **INGENIERO INDUSTRIAL** conforme a Ley.

PIURA, 10 de Septiembre del 2018

Dr. VÍCTOR HUGO RAMÍREZ ORDINOLA
PRESIDENTE - JURADO CALIFICADOR

MSc. DUBERT REYES VÁSQUEZ
SECRETARIO - JURADO CALIFICADOR

Dr. LUCIANO CASTILLO TORRES
VOCAL - JURADO CALIFICADOR

DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD DE TESIS

Yo; WILSON RAUL CRISANTO FLORES identificado con DNI N°46602898, Bachiller de la Escuela Profesional de INGENIERIA INDUSTRIAL , de la facultad de INGENIERIA INDUSTRIAL y domiciliado en la calle Santo Domingo N° 406 del distrito de Olmos , Provincia de Lambayeque, Departamento de Lambayeque , celular: 949585638,email:Raulcris274@gmail.com.

DECLARO BAJO JURAMENTO: que la tesis que presento es original e inédita, no siendo copia parcial ni total de una tesis desarrollada, y/o realizada en el Perú o en el Peo en el Extranjero, en caso contrario de resultar falsa la información que proporciono, me sujeto a los alcances de lo establecido en el Art. N° 411, del código Penal concordante con el Art.32° de la ley N° 27444, ley de Procedimiento Administrativo General y las Normas Legales de Protección a los derechos de autor.

En fe de lo cual firmo la presente.

Piura 19 de octubre de 2018



DNI N° 46602898

Artículo 411.-El que, en un procedimiento administrativo, hace una falsa declaración en relación con hechos o circunstancias que le corresponde probar, violando la presunción de veracidad establecida por ley, será reprimido con pena privativa de libertad no menor de uno ni mayor de cuatro años.

Art. Inciso 4.12 del Reglamento del Registro Nacional de Trabajos de Investigación para optar grados académicos y títulos profesionales-RENATI Resolución de Consejo Directivo N° 033-2016 –SUNEDU/CD.

DEDICATORIA

A dios el ser que nunca me abandona, a mi madre que a la vez fue padre para nosotros, a mi querido padre que está en el cielo y a mis hermanos.

AGRADECIMIENTO

Agradecimiento a todas las personas que colaboraron de forma constante en este proyecto, al Ing. Jorge Lampe Ponce: Gerente general de Agrícola Zeit Organisch y de Proyectos y Construcciones Agroindustriales, a mi asesor el Ing. Antonio Adrianzen de Lama, a los profesores de mi querida facultad de ingeniería industrial los cuales compartieron sus enseñanzas y que aún lo siguen haciendo.

RESUMEN

La presente investigación tiene como objetivo realizar un estudio comparativo de los costos de operación del túnel de enfriamiento continuo (este sistema es nuevo en el Perú siendo utilizado por primera vez) con el sistema de enfriamiento californiano (sistema clásico) en el proceso de empaque de uva. Para ello se calculó: la carga térmica removida de cada sistema de enfriamiento, toma de tiempos de enfriamientos en ambos sistemas, eficiencias, costos de mano de obra, costos de mantenimiento, consumos energéticos; siendo estos tres últimos los que conforman los costos de operación de cada sistema de enfriamiento. Luego se comparó los costos de operación de ambos sistemas de enfriamiento siendo menor costo el del sistema continuo, también se tiene que el costo por tonelada de fruta enfriada en el sistema continuo es 42.8% menor que el sistema californiano.

Palabras claves: Enfriamiento continuo, enfriamiento californiano, carga térmica.

ABSTRACT

The present investigation takes as a target to realize a comparative study of the costs of operation of the tunnel of continuous cooling (this system is new in Peru being used for the first time) with the Californian cooling system (classic system) in the process of packing of grape. For it was calculated: the removed thermal load of every cooling system, capture of times of coolings in both systems, efficiency, costs of labor, costs of maintenance, energy consumptions; being these three last ones those who shape the costs of operation of every cooling system. Then the operating costs of both cooling systems were compared with the lower cost of the continuous system, also the cost per ton of fruit cooled in the continuous system is 42.8% lower than the Californian system.

Key words: Continuous cooling, Californian cooling, thermal load.

ÍNDICE GENERAL

	PAGINA
INTRODUCCION	1
CAPITULO1: ASPECTOS GENERALES	2
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	2
1.1.1 Descripción del problema	2
1.1.2 Formulación del problema	3
1.2 OBJETIVOS	3
1.2.1 Objetivo General.....	3
1.2.2 Objetivos Específicos	3
1.3 JUSTIFICACION E IMPORTANCIA	4
1.4 HIPOTESIS	5
1.4.1 Hipótesis General.....	5
1.4.2 Hipótesis Específicas.	5
CAPITULO2: MARCO TEORICO	6
2.1 BASES TEÓRICO-CIENTÍFICAS	6
2.1.1 Ciclos de refrigeración.....	6
2.1.1.1 Ciclo ideal de refrigeración	7
2.1.1.2 Ciclo.....	8
2.1.2 La fruta.....	9
2.1.2.1 La uva	10
2.1.3 Formato de transporte	11
2.1.3.1 Pallet	11
2.1.3.2 Cajas	11
2.1.3.3 Envoltorios.....	12
2.1.4 Proceso de empaque	12
2.1.4.1 Selección.....	12
2.1.4.2 Pesado	12

2.1.4.3	Empaque y paletizado	13
2.1.4.4	Pre-enfriado	13
2.1.4.5	Almacenamiento	13
2.1.5	Métodos de Prefrío	13
2.1.5.1	Túnel californiano.....	13
2.1.5.2	Túnel Continuo	15
2.1.6	Costos de la Operación del Pre-frio	16
2.1.6.1	Costos de Mano de obra	16
A.	Materia Prima	17
B.	Mano de Obra	17
2.1.6.2	Costos de Consumo energético.....	18
2.1.6.3	Costos de Mantenimiento	18
2.1.7	Eficiencia Energética en sistemas de refrigeración	18
2.1.7.1	Indicador de eficiencia.....	19
2.2	ANTECEDENTES DE INVESTIGACIÓN	19
CAPITULO 3: CALCULOS TÉRMICOS, COSTO DE CONSUMO ELECTRICO, MANTENIMEINTO Y MANO DE OBRA Y TIEMPOS DE ENFRIAMIENTO.....		21
3.1	CALCULOS TERMICOS	21
3.1.1	Calculo de carga térmica del túnel continuo.....	21
3.1.1.1	Calor por remover de la fruta.....	21
3.1.1.2	Calor producido por respiración de la fruta	22
3.1.1.3	Calor producido por los motores de los ventiladores	23
3.1.1.4	Calor transmitido por las paredes	24
3.1.2	Calculo de carga térmica del túnel Californiano	25
3.1.2.1	Calor por remover de la fruta.....	25
3.1.2.2	Calor a Remover de las cajas	26
3.1.2.3	Carga de calor por infiltraciones de calor	27
3.1.2.4	Carga térmica por renovación de aire	28
3.1.2.5	Calor aportado por las personas.....	30
3.1.2.6	Calor aportado por la iluminación	30

3.1.3	Suma de cargas térmicas.....	31
3.1.3.1	Suma de Cargas térmicas del túnel de enfriamiento continuo	31
3.1.3.2	Suma de Cargas térmicas del túnel de enfriamiento californiano	32
3.2	CONSUMOS ENERGÉTICOS	33
3.2.1	Suma de consumo energético del túnel de enfriamiento continuo	33
3.2.1.1	Costo de consumo energético del túnel de enfriamiento continuo	33
3.2.2	Suma de consumo energético del túnel de enfriamiento californiano	34
3.2.2.1	Costo de consumo energético del túnel de enfriamiento californiano	35
3.3	MANTENIMIENTO.....	36
3.3.1	Labores de mantenimiento del túnel de enfriamiento continuo	36
3.3.2	Labores de mantenimiento del túnel de enfriamiento californiano	37
3.3.3	Costos de mantenimiento del túnel de enfriamiento continuo y del túnel de enfriamiento californiano.....	38
3.4	MANO DE OBRA	39
3.4.1	Mano de obra empleada en túnel de enfriamiento continuo	39
3.4.2	Mano de obra empleada en túnel de enfriamiento californiano	39
3.5	TIEMPOS DE ENFRIAMIENTO.....	40
CAPÍTULO 4. RESULTADOS Y DISCUSIONES		41
4.1	RESULTADOS.....	41
4.1.1	Eficiencias de los sistemas de enfriamiento	41
4.1.1.1	Eficiencia del túnel de enfriamiento continuo con respecto al tiempo	41
4.1.1.2	Eficiencia del túnel de enfriamiento californiano con respecto al tiempo	42
4.1.1.3	Eficiencia del sistema continuo con respecto al sistema californiano en la absorción calorífica.....	42
4.1.1.4	Eficiencia de tiempo por tonelada de fruta enfriada del sistema continuo con respecto al sistema californiano	43
4.1.1.5	Eficiencia de costos por tonelada de fruta enfriada del sistema continuo con respecto al sistema californiano	43
4.1.2	Tiempo de enfriamiento del túnel de enfriamiento continuo	44
4.1.3	Tiempo de enfriamiento del túnel de enfriamiento californiano	45

4.1.4	Calculo de costos de operación del túnel de enfriamiento continuo	45
4.1.5	Calculo de costos de operación del túnel de enfriamiento californiano	46
4.2	DISCUSIÓN DE RESULTADOS	46
	CONCLUSIONES	49
	RECOMENDACIONES	50
	BIBLIOGRAFÍA	51
	ANEXOS.....	53

ÍNDICES DE CUADROS

Cuadro 2.1	Propiedades Físicas de la uva	10
Cuadro 3.1	Valores densidad del aire en el ambiente	29
Cuadro 3.2	Sumatoria de cargas térmicas del túnel de enfriamiento continuo	31
Cuadro 3.3	Resumen de total de carga térmica por turno	32
Cuadro 3.4	Sumatoria de cargas térmicas del túnel de enfriamiento californiano	32
Cuadro 3.5	Resumen de total de carga térmica por turno	32
Cuadro 3.6	Sumatoria de cargas eléctricas del sistema de enfriamiento continuo	33
Cuadro 3.7	Sumatoria de cargas eléctricas del sistema de enfriamiento californiano	34
Cuadro 3.8	Labores de mantenimientos realizadas en túnel continuo	36
Cuadro 3.9	Labores de mantenimientos realizadas en túnel californiano	37
Cuadro 3.10	.Costo total de mantenimiento del túnel de enfriamiento continuo	38
Cuadro 3.11	Costo total de mantenimiento del túnel de enfriamiento californiano	38
Cuadro 3.12	Costo de mano de obra del túnel de enfriamiento continuo	39
Cuadro 3.13	Costo de mano de obra del túnel de enfriamiento californiano	39
Cuadro 3.14	Tiempos de enfriamiento del túnel de enfriamiento continuo	40
Cuadro 3.15	Tiempo de enfriamiento del túnel de enfriamiento californiano	40
Cuadro 4.1	Resumen de los costos de operación, mano de obra, mantenimiento y eléctrico ...	47

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 Esquema de la organización de los elementos en un ciclo de refrigeración	6
Figura 2.2 Ciclo de refrigeración.....	7
Figura 2.3 Ciclo real de refrigeración.....	8
Figura 2.4 Pallet estándar para la exportación.	11
Figura 2.5 Modelo de caja plástica de 8.2 kg utilizada para la exportación de uva	11
Figura 2.6 Túnel californiano (notar sentido del flujo de aire).	14
Figura 2.7 Túnel Continuo (Interior)	16

INTRODUCCION

El frío en el sector de los alimentos es de suma importancia en el aspecto técnico, económico y normativo. Una gestión adecuada en la cadena de frío ayuda a maximizar la vida útil de los alimentos. La uva es uno de los cultivos más extendidos en el País la mayor proporción se destina a ser comercializada como fruta fresca, es una fruta no climatérica teniendo muy baja calidad respiratoria y produce una pequeña cantidad de etileno ($0,1 \text{ ul/kg.h}$) a su vez no es sensible al frío lo que permite su conservación a temperaturas bajas ($-0,5^\circ\text{C}$ y 1°C); es un alimento fresco perecedero por ello para prolongar su consumo debe permanecer entre $-0,5^\circ\text{C}$ y 1°C al exponerla a variaciones de temperaturas puede provocar desarrollo de microorganismos; por ello la Agrícola Zeit Organisch S.A.C tiene personal capacitado para realizar esta operación; dado que la cadena de frío es un sistema en el que se incluyen las distintas etapas por las que pasan los alimentos. De ahí que sea imprescindible mantener siempre la cadena de frío intacta, durante la producción, el transporte, el almacenamiento y la venta. Dentro del proceso de empaque de fruta hay una operación llamada Pre-frío la cual reduce de forma brusca su temperatura.

La empresa donde se realizará la presente investigación cuenta con dos sistemas de enfriamiento sistema californiano y sistema continuo. El sistema californiano es el más utilizado en el Perú sin embargo el sistema continuo es una nueva opción poco conocida, estos sistemas son de vital importancia dentro del proceso, pero no cuentan con un estudio de costos de operación, esto es de vital importancia tenerlo debido a que se podrá determinar el costo de operación para ambos sistemas a su vez esto permitirá no incurrir en sobrecostos en la operación de pre-frío.

CAPITULO1: ASPECTOS GENERALES

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1.1 Descripción del problema

AGRICOLA ZEIT ORGANISCH S.A.C es una empresa del rubro agroindustrial dedicada al empaque de fruta fresca como uva, arándano, mango y palta, también brinda el servicio de maquila a empresas de la zona. Cuenta con dos sistemas de enfriamiento que son el túnel de enfriamiento continuo y el túnel de enfriamiento californiano los cuales realizan la operación de Pre-Frío, ambos sistemas de enfriamiento son independientes en su funcionamiento, aunque a veces llegan a funcionar en paralelo debido a que llega fruta ya empacada y esta pasa a enfriar al túnel Californiano. El Pre-frío es una operación en la cual la uva es sometida a un cambio brusco de temperatura que va desde los 28 °C Y 15 °C hasta 3 °C y -0,5 °C.

Para lograr esta operación AGRICOLA ZEIT ORNANISCH S.A.C utiliza con frecuencia el túnel continuo con una capacidad de enfriar 4 t/h, sin embargo a veces se utiliza el túnel californiano el cual tiene una capacidad de enfriamiento de 20 toneladas y el tiempo que emplea para enfriar está en función al material de empaque utilizado (plástico, cartón) teniendo un rango de 10 a 13 horas.

Sin embargo, se tienen tiempos de espera para realizar la operación de pre-frío en túnel californiano debido al tiempo de enfriamiento y a que el volumen de producción sobrepasa su capacidad. En Intervalos de semana a semana se tiene diferencia de consumo energético debido a la utilización de los dos sistemas de enfriamiento sin saber cuál de estos incide en mayor consumo y variación en la utilización de horas hombre. Al no contar con un estudio de costos operativos de los dos sistemas de enfriamiento la empresa incurrirá en sobrecostos, aumento en el tiempo de operación, retraso en los embarques, deshidratación de la fruta al tener tiempo de espera y una insatisfacción de los clientes. Por ello en la presente investigación se realizará un estudio de costos de operación en el sistema de enfriamiento continuo y el sistema de enfriamiento californiano para luego compararlos y programar las operaciones de manera más eficiente que permita que la empresa obtenga mayor rentabilidad en sus operaciones.

1.1.2 Formulación del problema

¿De qué forma el estudio comparativo de los costos de operación del túnel de enfriamiento continuo y túnel de enfriamiento californiano permite optimizar los costos del proceso de empacado de la uva en la Agrícola Zeit Organisch S.A.C?

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo General

Comparar los costos de operación del túnel de enfriamiento continuo y el túnel californiano para optimizar el proceso de empacado de uva en la Agrícola Zeit Organisch S.A.C.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Determinar la eficiencia del túnel de enfriamiento continuo y del túnel de enfriamiento californiano.
- Calcular el tiempo de enfriamiento del túnel de enfriamiento continuo y del túnel de enfriamiento californiano por tonelada de fruta.
- Calcular los costos de operación del túnel de enfriamiento continuo y del túnel de enfriamiento californiano.

1.3 JUSTIFICACION E IMPORTANCIA

Las frutas son componentes esenciales de una dieta saludable la mayoría de ellas se puede comer en un estado fresco sin embargo para que se puedan aprovechar a mediano plazo es necesario emplear métodos de conservación. Para conservación de alimentos en especial la de las frutas frescas como la uva experimenta una serie de procesos desde la cosecha hasta llegar a su destino estos procesos son la cosecha, empaque, enfriamiento, almacenamiento, transporte refrigerado y comercialización.

El enfriamiento es de vital importancia en la conservación de la uva, actualmente existen distintos procesos de enfriamiento por aire forzado que logran la disminución de la temperatura en la fruta. En las instalaciones de la empresa Agrícola Zeit Organisch S.A.C existen dos sistemas de enfriamiento, un túnel de enfriamiento continuo y túnel californiano ambos cumplen la misma función sin embargo no se cuenta con estudio detallado de costo de operación de cada uno por ello la presente investigación realizará un estudio de costos de cada sistema de enfriamiento para luego comparar los resultados.

La empresa debe establecer precios competitivos que permitan sobrevivir en la economía globalizada en la que se encuentra ; debe ser eficiente en la utilización de sus recursos , no puede limitarse simplemente a procesar un producto o generar servicio sin tener un estudio de costos en cada una de sus operaciones que se realiza; al tener un estudio de costos en la operación de Pre-frio en ambos sistemas de enfriamiento permitirá tener costos establecidos además de programar sus operaciones de manera que no se incurran en sobrecostos .El estudio de los costos de operación beneficiará a la empresa dado que se obtendrá una reducción de sus costos de operación, costos de mantenimiento, aumento de la renta, guiar las necesidades de inversión en una futura ampliación de la planta, disminución en tiempo de proceso y será de vital importancia para la decisión de cuál de los equipos utilizar en la programación de sus operaciones.

1.4 HIPOTESIS

1.4.1 Hipótesis General.

El estudio comparativo de los costos de operación del túnel de enfriamiento continuo y del túnel de enfriamiento californiano optimiza el proceso de empacado de uva en la Agrícola Zeit Organisch S.A.C.

1.4.2 Hipótesis Específicas.

- La eficiencia del túnel de enfriamiento continuo es mayor que la del túnel de enfriamiento californiano.
- El tiempo de enfriamiento por tonelada de fruta del túnel de enfriamiento continuo es menor que del túnel de enfriamiento californiano.
- El costo de operación del túnel de enfriamiento continuo es menor que el del túnel de enfriamiento californiano.

CAPITULO2: MARCO TEORICO

2.1 BASES TEÓRICO-CIENTÍFICAS

Con el fin de alcanzar una información más amplia, como base para el estudio comparativo de los costos de operación del túnel de enfriamiento continuo y del túnel de enfriamiento californiano en la Agrícola Zeit Organisch S.A.C, se exponen los fundamentos teóricos de la investigación en los cuales se presentan los diferentes conceptos, teorías, relacionadas con el tema. A continuación, se plasman los fundamentos teóricos de esta investigación en lo que respecta a refrigeración, costos y eficiencia.

2.1.1 Ciclos de refrigeración

El ciclo de refrigeración tiene como objetivo retirar calor de una fuente fría y entregarlo a una fuente caliente. Cuenta con cuatro elementos principales el evaporador, el compresor, el condensador y la válvula de expansión. El diagrama esquemático de dicho ciclo se puede ver a continuación, en la figura 2.1

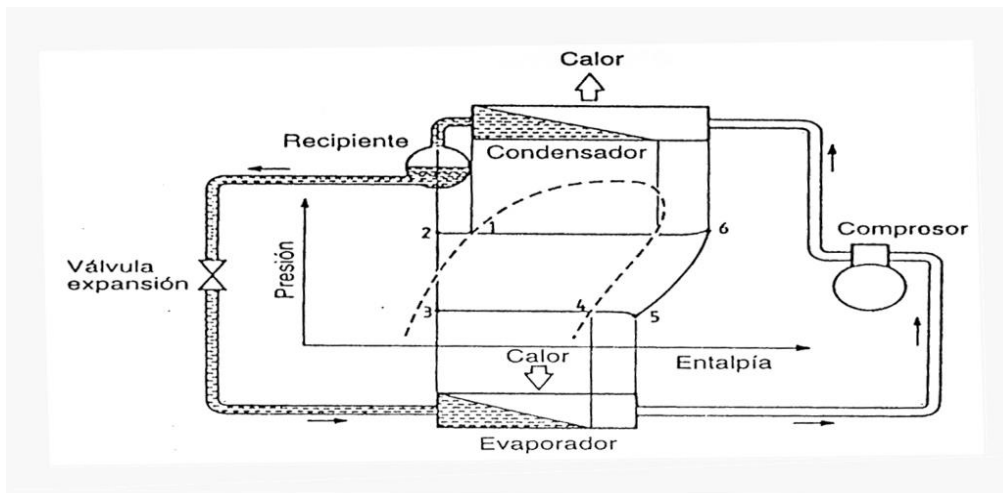


Figura 2.1 Esquema de la organización de los elementos en un ciclo de refrigeración

Fuente: Refrigeración -Cengel.

El evaporador tiene como función absorber calor desde el ambiente frío, evaporando el refrigerante que circula por su interior. El compresor comprime el refrigerante en estado gaseoso (proveniente desde el evaporador) y lo lleva hasta la presión de condensación. El condensador libera el calor absorbido por el refrigerante en la evaporación y la compresión hacia el ambiente caliente, esto lo hace condensando el refrigerante. La válvula de expansión permite que se produzca la baja de presión necesaria para que el refrigerante pueda evaporarse en el evaporador.

2.1.1.1 Ciclo ideal de refrigeración

Los componentes anteriormente mencionados operan según el ciclo de refrigeración
Ver figura 2.2

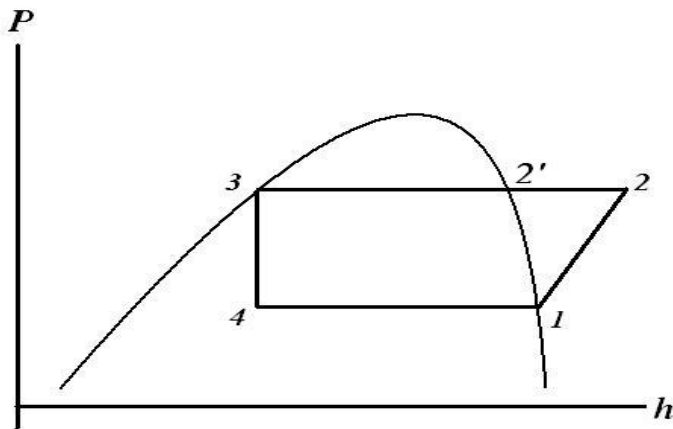


Figura 2.2 Ciclo de refrigeración

Fuente: Refrigeración -Cengel.

El punto 1 corresponde a la entrada del refrigerante al compresor. En este, el refrigerante se encuentra justo en la zona de gas saturado. El trayecto entre el punto 1 y 2 corresponde a la compresión (aumento de presión), la cual se considera como isentrópica. El punto 2 corresponde a la salida del compresor y a la entrada al condensador. Entre el punto 2' y 3 ocurre la condensación del refrigerante. El punto 3 representa la salida del condensador y se encuentra sobre la línea de líquido saturado, es decir el refrigerante sale con título 0. Cabe mencionar que toda la secuencia, desde el punto 2 hasta el punto 3 es isobárica. En seguida el refrigerante se expande isoentálpicamente hasta el punto 4, que corresponde a la entrada del evaporador. El evaporador absorbe calor hasta evaporar completamente el refrigerante, o equivalentemente hasta el título 1. Luego de esto el refrigerante vuelve a entrar al compresor (punto 1) para repetir el ciclo.

2.1.1.2 Ciclo

El ciclo ideal descrito anteriormente difiere del ciclo real de refrigeración. Las pérdidas de presión en conductos e intercambios térmicos adicionales entre el fluido y el ambiente, que no son considerados al idealizar el ciclo, deben serlo al momento de diseñar un proceso de enfriamiento. El diagrama del ciclo real de refrigeración se puede ver en la figura 2.3 que se expone a continuación.

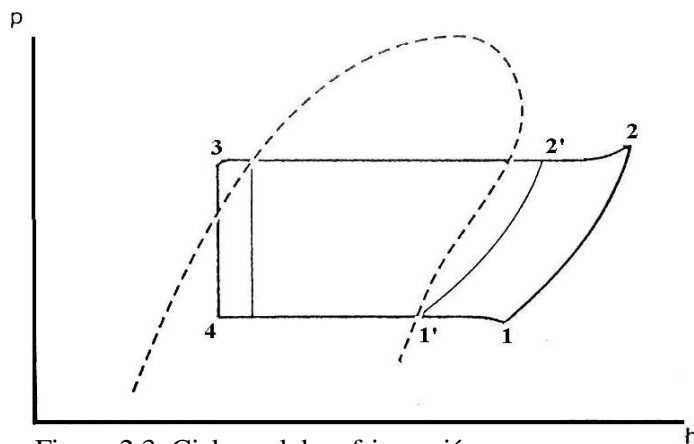


Figura 2.3 Ciclo real de refrigeración

Fuente: Refrigeración-Cengel.

Como se puede ver en el diagrama el punto 1 (correspondiente a la salida del evaporador) se desplaza hacia la derecha hacia la zona de vapor sobrecalentado. La nueva posición da cuenta de un sobrecalentamiento y de una pérdida de presión. El sobrecalentamiento es intencional y busca asegurar que no existen gotas de líquido en el flujo que puedan alterar el normal funcionamiento del compresor. La pérdida de presión se debe a la circulación del refrigerante por las cañerías entre el evaporador y el compresor.

El punto 2 en el diagrama real se encuentra a mayor presión y temperatura que el punto 2' (evolución isotrópica) puesto que la compresión no es isotrópica además de que se debe alcanzar una mayor presión para vencer pérdidas de carga del circuito entre el compresor y el condensador.

El punto 3, se observa fuera de la línea de líquido saturado, en una posición de menor temperatura. Esto tiene como finalidad disminuir el título de entrada del refrigerante al evaporador para aumentar el salto entálpico. Con un mayor salto entálpico el refrigerante puede extraer más calor de la habitación con el mismo flujo másico. Un efecto secundario, aunque benéfico es que al disminuir el título a la entrada del evaporador existe una mayor porción de líquido en los tubos, lo cual favorece el coeficiente de intercambio térmico.

2.1.2 La fruta

La fruta se puede clasificar en dos grupos dependiendo de su capacidad para madurar. La fruta climatérica puede madurar aun cuando se encuentre separada del árbol, gracias a que produce cantidades considerables de etileno, el cual actúa como una hormona que activa la maduración. Esto significa que puede madurar aún después de cosechada. La fruta no climatérica en cambio produce cantidades muy bajas de etileno, en consecuencia, no se produce la maduración si la fruta está desligada del árbol. En consecuencia, la fruta que se cosecha ya está madura y no se puede retirar con maduración incompleta con la intención que madure al llegar a destino. La maduración comienza con la liberación de etileno por parte del fruto y se

caracteriza por la respiración. La respiración es un fenómeno en el cual el fruto libera calor al ambiente, y que está directamente relacionado con los cambios que sufre la fruta. Este hecho es lo que justifica el gasto de energía asociado a la cadena de frío, pues manteniendo temperaturas bajas (0°C) el metabolismo, o respiración disminuye y la fruta se conserva sin deteriorarse hasta su destino. Es más, mientras más se disminuye la temperatura menor es el riesgo de que esta se deteriore. Sin embargo, es importante considerar que para efectos de exportación de fruta fresca no es posible disminuir la temperatura tanto como se guste, pues se puede producir la congelación de parte o la totalidad del fruto (daño por frío). La congelación de la fruta debe ser evitada porque el agua que se encuentra dentro de esta aumenta su volumen y destruye las células afectadas, dando una apariencia y consistencia indeseada al fruto.

2.1.2.1 La uva

La uva es una fruta con características no climatéricas, es decir no presenta producción de etileno y cuando se retira la fruta está casi completamente madura. La uva entonces se encuentra susceptible al ataque de microorganismos tan pronto como se retira del árbol. Es por esto que es tan importante que la cadena de frío se lleve a cabo correctamente y sin interrupciones. Otros datos de interés para posteriores cálculos son la humedad ideal del aire de enfriamiento, tasa de respiración, punto de congelación, calor específico, los cuales se muestran en el cuadro 2.1

Cuadro 2.1 Propiedades Físicas de la uva

Parámetro	Valor	Unidad
Humedad	90-95	%
Tasa de respiración	23	m.w/kg
Punto de congelación	-2	°c
Calor específico	3900	j/kg °c

Fuente: Casimiro Catalan.G. (2008) Guía Básica del Frigorista. España.

2.1.3 Formato de transporte

2.1.3.1 Pallet

El pallet utilizado para la exportación de uva de mesa se compone de 6 cajas de base por 19 de altura (si es formado con las cajas que se ven en la siguiente subsección). Como base utiliza una parihuela cuyas dimensiones son de 100x120x10 cm. La disposición de las cajas y las dimensiones del pallet se muestra en la figura 2.4



Figura 2.4 Pallet estándar para la exportación.

Fuente: Agrícola Zeit Organisch S.A.C

2.1.3.2 Cajas

Las cajas que se utilizan para el empaque de uva para la exportación de uva en el Perú pueden ser de plástico, cartón y madera. Sus medidas están estandarizadas y tienen las siguientes dimensiones: largo: 50,5 cm Ancho: 40 cm y 12 cm de Altura, cuya capacidad es de 8,2 Kg Netos de fruta empacada además se caracteriza por no ser hermética ya que posee aberturas en sus costados y parte inferior. Imágenes de cajas de cartón se pueden ver en la figura 2.5



Figura 2.5 Modelo de caja plástica de 8,2 kg utilizada para la exportación de uva

Fuente: Agrícola Zeit Organisch S.A.C

El coeficiente entre el área de las aberturas y el área frontal de la caja, llamado razón de área, tiene un valor de 0,12. El calor específico del cartón es de 1340 [J/kg°K].

2.1.3.3 Envoltorios

La uva no se encuentra a granel dentro de las cajas, sino que se empaca de acuerdo a un empaquetado estándar. Este empaque cuenta con diversos envoltorios como papel sulfito, papel absorbente, papel corrugado (usado en plástica y madera), generador de SO₂ y envases (ya sea bolsas o cajas). El formato para exportación utilizado se hace de la siguiente manera (empaque realizado en caja plástica): Se toma la caja plástica y se coloca en el fondo la bolsa camisa, dos papeles sulfito a ambos lados, un papel corrugado en el fondo con la superficie rugosa hacia el fondo, coloca las 9 bolsas racimeras las que contienen los 8,2 Kg de fruta distribuidos más un % por deshidratación, se cierran los papeles sulfitos, se coloca un sanguiche (dos papeles sulfito y dentro de él va un generador de SO₂) sobre los papeles sulfitos, se cierra la bolsa camisa y el seguro de la caja.

2.1.4 Proceso de empaque

El proceso de empacado abarca diferentes operaciones las cuales empiezan con la selección, pesado, empaque, paletizado, preenfriado y almacenamiento.

2.1.4.1 Selección

En esta operación la fruta se selecciona teniendo en cuenta los siguientes parámetros, calibre, color, peso.

2.1.4.2 Pesado

En esta operación la fruta es pesada en cajas con un peso de 8.2 kg más unos gramos por deshidratación hacia destino.

2.1.4.3 Empaque y paletizado

Una vez que la fruta es pesada en cajas pasa al área de empaque para luego ser llevada al área de paletizaje donde se forman los pallets de 114 cajas y después se transportan a los túneles de prefrío para iniciar la cadena de frío.

2.1.4.4 Pre-enfriado

Los pallets son transportados desde el área de paletizaje al túnel de enfriamiento en el cual permanecen por un tiempo de 12 horas hasta llegar a los 0 °C

2.1.4.5 Almacenamiento

Luego que la pulpa de fruta en los pallets llega a los 0 °C estos se transportan a las cámaras de almacenamiento y están listos para ser exportados, previo destino asignado calibre, color, peso.

2.1.5 Métodos de Prefrío

Los métodos de prefrío (o enfriamiento rápido) más utilizados son los túneles californianos y el túnel continuo.

2.1.5.1 Túnel californiano

El túnel californiano o llamado también túnel de enfriamiento rápido es el más utilizado En el Perú; cumplen la función de enfriar la fruta dado que su sistema es de mayor cantidad y presión de aire que las cámaras de enfriamiento; estos pueden enfriar cualquier tipo de fruta, verduras, carnes, etc.

En este tipo de túnel se diseña en función del volumen a enfriar y tiene diferentes capacidades entre las más empleadas son para 40, 20 y 10 pallet entre ellos destaca el de capacidad para 20 pallets. Este sistema está compuesto de los siguientes elementos: evaporador, ventilador, válvulas, condensador, compresor, ductos de succión y descarga, condensador evaporativo, ventiladores y un chasis de acero estructural el cual sirve de soporte para el evaporador.

Para lograr la operación de enfriamiento con este sistema los pallets son ubicados en dos filas paralelas y separadas de 10 pallets cada uno, en este túnel el aire atraviesa las filas de pallets por los costados. Para asegurarse de que el aire no ingrese por la parte superior o por el frente de los pallets los túneles poseen una lona que cubre por encima las dos filas y el pasillo central y cae por delante. Tener en cuenta que en este sistema que el tiempo de enfriamiento de la fruta varía debido al tipo de empaque utilizado (uva en clamshel o bolsa racimera) y por la caja empleada (plástica, madera o cartón), este tiempo está en un rango de 10 a 13 horas; pero en nuestro sistema 12 horas (según diseño).

El ciclo que sigue el aire es el siguiente: primero es impulsado por los ventiladores a través del evaporador, donde se enfría. Luego ingresa por los costados de las respectivas filas de pallets donde pierde presión. Cuando abandona las cajas llega al pasillo de baja presión (que se encuentra entre las filas de pallets) y es succionado nuevamente por el ventilador. En la figura 2.6 se muestra un túnel californiano en el cual se indica el sentido del flujo.

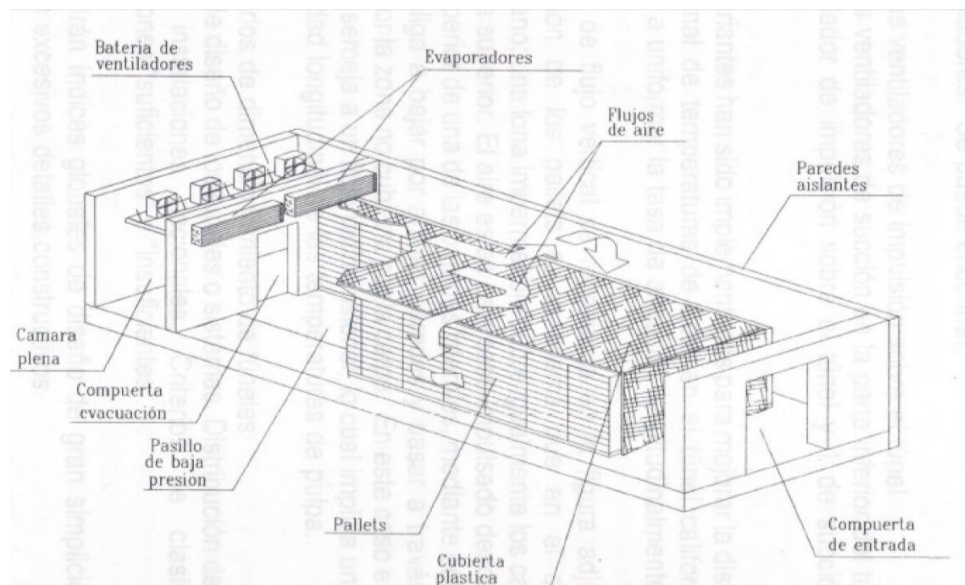


Figura 2.6 Túnel californiano (notar sentido del flujo de aire).Fuente: Refrigeración-Cengel.

2.1.5.2 Túnel Continuo

Es un sistema distinto al túnel californiano aunque ambos tienen el mismo fin que es enfriar la fruta hasta una determinada temperatura, dichos parámetros varían según el tipo de fruta a enfriar este sistema continuo es poco conocido en el país; este sistema se ofrece una serie de ventajas: se obtienen temperaturas de enfriamiento uniformes, pérdidas de humedad de la fruta son bajas, se aprovecha al máximo la eficiencia de los intercambiadores de calor, disminución de los tiempos de enfriamiento.

Este sistema está compuesto de los siguientes elementos: cadenas transportadoras, ejes, chumaceras, variador de velocidad, motorreductor, evaporadores, ductos de succión y descarga, compresor, válvulas, condensador evaporativo, ventiladores y un chasis de acero estructural que sirve de soporte para los evaporadores. El túnel de enfriamiento tiene una entrada y una salida; la fruta ingresa en cajas con peso aproximado de 8,3 Kg (incluido peso por deshidratación) son transportadas a través de rieles mecánicos de manera continua la cual es enfriada a lo largo del túnel de forma directa debido a evita todo tipo resistencias térmicas (por parte de materiales de empaques y recipientes) y se obtienen temperaturas de enfriamiento uniformes.

La dimensión del túnel depende de las necesidades a cubrir y esto en función a la cantidad de toneladas por hectáreas a cosechar; la velocidad del túnel se puede graduar tanto para un aumento o disminución en la temperatura de enfriamiento dicha temperatura está condicionada según la variedad a enfriar, para variedades rojas la temperatura de salida del túnel es mayor a la de las variedades blancas.

El Ciclo del aire que sigue es el siguiente: las cajas de fruta se ubican entre el evaporador y los ventiladores, el aire frío sigue curso en dirección del evaporador hacia el ventilador de manera cíclica en donde se produce el enfriamiento rápido. El tiempo de diseño de este sistema es de 8 horas.

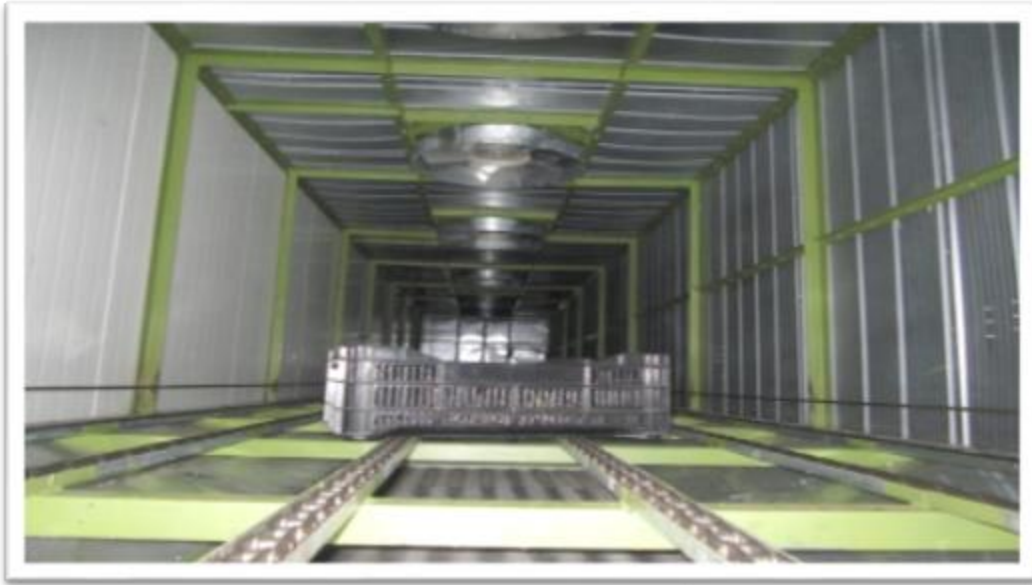


Figura 2.7 Túnel Continuo (Interior)

Fuente: Agrícola Zeit Organisch S.A.C

2.1.6 Costos de la Operación del Pre-frio

Son aquellos costos en los que se incurre para poder realizar la operación de pre-frio en los cuales intervienen diferentes costos: costos de mano de obra, costos de consumo energético y costos de mantenimiento.

A continuación, se plasman los fundamentos teóricos de esta investigación la cual contiene conceptos de autores especialistas en el área.

2.1.6.1 Costos de Mano de obra

(Gómez Bravo, 2005), indica que "todo proceso productivo empieza y termina en un orden determinado, y para ello es necesario definir cuáles son los elementos del costo los cuales son mano de obra, materia prima y costos indirectos de fabricación". En base a ello podemos asegurar que estos procesos son indispensables a la hora de evaluar cuando es el costo real de elaboración de un producto.

(Horngren, Foster y Datar 2007), afirman "es consumir o transformar insumos para la producción de bienes o servicios. La fabricación es un proceso de transformación que demanda un conjunto de bienes y prestaciones, denominados elementos, y son las partes con las que se elabora un producto o servicio: mano de obra directa e indirecta, materia prima, materiales indirectos e indirectos de fabricación".

(Neuner, 2002), señala que "en una estructura de costo se contemplan tres elementos principales, mano de obra, materia prima directa y costos indirectos de fabricación los cuales determinan el costo de producción de un bien o servicio, los cuales son necesarios para lograr el costo de producción"; asimismo, se puede decir que son las unidades necesarias para lograr un costo de producción acertado y veraz.

Elementos de costo que intervienen definidos a continuación:

A. Materia Prima

(Horngren, C.; Foster, G. y Datar, S., 2007), aseguran que "la materia prima es el principal recurso que se usa en la producción; ésta se transforma en productos terminados con la adición de mano de obra directa y de los costos indirectos de fabricación". El costo de los materiales puede dividirse en directos que están relacionados directamente con el producto y los indirectos son los que se utilizan como complementos del costo directo.

B. Mano de Obra

(Neuner, 2002), los costos de mano de obra directa se refieren a los salarios pagados a los trabajadores por la labor realizada en una unidad de producción determinada o en algunos casos efectuada en un departamento específico, y está estrechamente relacionada con el producto elaborado.

(Horngren, C.; Foster, G. y Datar, S., 2007), todos aquellos elementos físicos que es imprescindible consumir durante el proceso de elaboración de un producto, de sus accesorios y de su envase". Esto con la condición de que el consumo del insumo debe guardar relación proporcional con la cantidad de unidades producidas.

2.1.6.2 Costos de Consumo energético

El consumo energético es el gasto total de energía para un proceso determinado; el gasto de energía demandado en la operación de enfriamiento en ambos sistemas de enfriado y esta expresado en kW-h (kilo watts consumidos en una hora de operación).

2.1.6.3 Costos de Mantenimiento

Es el precio que se paga por las acciones ejecutadas para conservar los equipos o maquinas en buen estado y funcionamiento, o restáuralos a un estado específico de funcionalidad.

2.1.7 Eficiencia Energética en sistemas de refrigeración

Tomado de Klaus Peter Schmid, INRA Refrigeración y Luis Hinojosa de Fundación Chile Afirma que, no es un misterio para nadie que mire sus cuentas eléctricas, que los precios han subido muy rápidamente en el último año. Esto ha fomentado la búsqueda de alternativas que permitan reducir este costo, sin sacrificar el servicio final deseado. Este es el concepto de uso eficiente de la energía o más bien conocido como Eficiencia Energética (EE). Los sistemas de refrigeración industrial utilizan principalmente energía eléctrica, la cual es utilizada para mover compresores, motores y otros sistemas asociados. El uso de frío industrial es muy utilizado por la industria de alimentos y también por otros procesos industriales. Como primer paso de diagnóstico energético, es extremadamente importante conocer muy bien las instalaciones. Los sistemas pueden ser variados y de diversa complejidad. Es importante identificar los equipos asociados y generar un esquema de las instalaciones, además de representarlos físicamente en un layout de la planta. Idealmente sería de gran beneficio contar con un balance de energía de las instalaciones, con el fin entender cómo se consume la energía de refrigeración. Otro tema de gran relevancia es establecer los parámetros de operación, a lo largo de un día, mes o año. Pueden existir estacionalidades de uso que deben ser identificadas con claridad. Realizar mediciones instantáneas de operación, así como a lo largo de un período, ayudará a verificar y a identificar el régimen de funcionamiento del sistema.

2.1.7.1 Indicador de eficiencia

Teniendo en cuenta que eficiencia tiene que ver con la actitud y la capacidad para llevar a cabo un trabajo o una tarea con el mínimo de recursos. Los indicadores de eficiencia están relacionados con las razones que indican los recursos invertidos en la consecución de tareas y/o trabajos. Ejemplo: Tiempo fabricación de un producto, razón de piezas / hora, rotación de inventarios. También hay autores que resaltan que:

En numerosas ocasiones, los indicadores de desempeño coinciden con los indicadores de los procesos energéticos de la organización. Son ejemplos de este tipo de indicadores los siguientes:

- Energía eléctrica consumida/unidad producida.
- Energía térmica consumida/horas trabajadas.
- Energía producida/energía primaria consumida.
- Energía consumida/kilómetros recorrido.
- Energía consumida/tonelada transportada.
- Energía consumida/unidad de longitud de producto.
- Energía consumida/peso de producto.

(Carretero Peña y García Sánchez, 2013, p.19)

2.2 ANTECEDENTES DE INVESTIGACIÓN

Inostroza Lizardo, C. (2016). “Métodos de enfriamiento aplicables a frutas y hortalizas enteras y mínimamente procesadas” desarrollado para La Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha.), Menciona que el enfriamiento inicial de las y hortalizas puede realizarse por diversos métodos y entre los principales están: cámara frigorífica (CF), aire forzado (AF), hidro enfriamiento (HE) y enfriamiento por vacío (EV) y que estos métodos presentan diferencias en la forma de aplicación, sin embargo, todos tienen como objetivo común la transferencia rápida del calor del producto, para el medio refrigerante ,además de

que algunos productos pueden ser enfriados por varios de estos métodos, sin embargo, la mayoría de ellos responden mejor al empleo de uno o dos métodos de enfriamiento.

Seitz Lyng.N.S. (2008). Realizo la investigación denominada “Factibilidad del enfriamiento rápido continuo para fruta fresca” desarrollada para obtener el título de Ingeniero Civil Mecánico de la Universidad de Chile cuyo objetivo general es “es evaluar las ventajas y desventajas del método de pre-frío llamado enfriamiento continuo de fruta y determinar si es que éste es factible según criterios energéticos y económicos” para ello emplea diseño de proceso , cálculo de cargas térmicas y balances de energía llegando a la conclusión “ El método de enfriamiento continuo es energéticamente factible, dado que al comparar consumos de potencia de los equipos el método gasta un 43% menos energía que el método de enfriamiento por lotes .El aporte a esta investigación es el cálculo del balance térmico en el empaque de la uva.

Valdés león .J.(2013).Realizo la investigación denominada “Diseño y evaluación de una planta de congelación de alimentos” desarrollado para obtener el título de Ingeniero Químico de la Universidad Pontificia Católica De Valparaíso , teniendo como objetivo general “Diseñar una planta de congelación de alimentos frescos o precocidos , que sea multipropósito” para ello trabajo en conjunto con la empresa Indura S.A. en sus distintas etapas de trabajo , llegando a la conclusión que la congelación representa para muchos alimentos el mejor medio de conservación de estos a largo plazo. El aporte de esta investigación es el cálculo de los costos operacionales

CAPITULO 3: CALCULOS TÉRMICOS, COSTO DE CONSUMO ELECTRICO, MANTENIMEINTO Y MANO DE OBRA y TIEMPOS DE ENFRIAMIENTO

3.1 CALCULOS TERMICOS

En esta sección se presentarán los cálculos que permitirán determinar los flujos de masa y energético; ambos importantes para poder cumplir con los objetivos de estudio. Los cálculos que se realizaran tanto para el túnel continuo, así como para el túnel californiano.

Las ecuaciones utilizadas para los cálculos de las cargas térmicas se tomaron de libros de los siguientes autores: Juan Antonio Ramírez del capítulo 04: Calculo de necesidades frigoríficas y de Roy J. Dossat del capítulo 10: Calculo de la carga de refrigeración.

3.1.1 Calculo de carga térmica del túnel continuo

El cálculo de la carga térmica se compone del calor que será removida de la fruta, el calor producido por su respiración, el calor producido por los motores de los ventiladores, calor transmitido por las paredes. El tiempo considerado en la operación de enfriamiento en este tipo de sistema es de ocho horas.

3.1.1.1 Calor por remover de la fruta

El calor por remover de la fruta está en función de una temperatura inicial de la fruta y la otra será por la temperatura de salida que se desea obtener, para nuestro objeto de estudio se considera una temperatura inicial de 23°C y la de salida será de 0°C. El flujo másico en el túnel de enfriamiento continuo de la uva es de 4000 kg/h. Se sabe que al tener mayor temperatura de ingreso será mayor la cantidad de calor a remover, teniendo constante el flujo másico de la uva. El calor específico de la uva expresada en Joule o su equivalente en Calorías se muestra en las siguientes ecuaciones.

$$C_{Cal} = \left(\frac{0,93 \text{ kcal}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}} \right)$$

$$C_{Jo} = \left(\frac{3,9 \text{ kj}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{k}} \right)$$

El calor que remover de la fruta se obtiene de la siguiente ecuación

$$Q_F = M_f \cdot C_f \cdot (T_e - T_s)$$

$$1 \text{ kj} = 0,2390 \text{ cal}$$

Donde:

M_f : Flujo másico de la uva.

C_f : Calor específico de la Uva.

T_e : Temperatura de entrada de la uva.

T_s : Temperatura de salida de la uva.

$$Q_F = \left(\frac{4000 \text{ kg}}{\text{h}} \right) \cdot \left(\frac{3,9 \text{ kj}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{k}} \right) \cdot (28 - 0) ^\circ\text{k} = 436800 \text{ kj/h}$$

$$Q_F = 436,800 \text{ kj/h} = 104439,20 \text{ kcal/h}$$

3.1.1.2 Calor producido por respiración de la fruta

Las frutas frescas y los vegetales están vivos. Incluso en el almacén refrigerado generan calor, el cual es llamado calor de respiración. Éstos son continuamente sometidos a cambios, en los que se libera energía en forma de calor, la cual varía con el tipo y temperatura del producto.

Para calcular este parámetro se requiere conocer la cantidad de cajas dentro del túnel y luego calcular la cantidad de masa, para la cantidad de masa se calcula multiplicando

la cantidad de cajas por el peso neto de cada caja, antes de ingresar al túnel las cajas con fruta pesan en promedio 8,3 kg. La dimensión del túnel es de 22,5 metros de largo y con tres vías. La caja dentro del túnel tiene un ancho de 35 cm. Para la uva el calor de respiración es de 23(mw/kg). Para el cálculo se tendrá en cuenta la cantidad de cajas por hora de salida del túnel.

El calor por respiración que hay remover de la fruta se obtiene de la siguiente ecuación

$$Q_R = M_f \cdot Q_{Resp}$$

Donde:

M_f : Flujo másico de la uva.

Q_{Resp} : Calor de Respiración de la uva.

$$\text{Cantidad de Cajas en tunel} = ((22,5/0,35) \times 3) = 192 \text{ Cajas}$$

$$\text{Cajas por hora en túnel} = 482 \text{ Cajas}$$

$$M_f = 482 \times 8,3 \text{ kg} = 4000,6 \text{ kg}$$

$$Q_R = 4000,6 \text{ kg} \times \left(23 \times 10^{-3} \frac{\text{W}}{\text{kg}} \right)$$

$$Q_R = 0,092013 \text{ kw} = 79,13 \text{ kcal/h}$$

3.1.1.3 Calor producido por los motores de los ventiladores

Para calcular el calor que se produce por los equipos de ventilación se considera las pérdidas cuando estos están en funcionamiento. La eficiencia del motor del ventilador se aproxima a 0,8. La cantidad de ventiladores en el túnel continua son 10 estos son de 3 hp.

La potencia se calcula según la ecuación que se indica a continuación.

$$1 \text{ hp} = 641,19 \text{ kcal/h}$$

$$Q_V = P_V \cdot (1 - N_{\text{Motor}})$$

Donde:

P_V : Potencia del Ventilador en Kcal/h

N_{Motor} : Eficiencia del motor.

$$Q_V = \left(\frac{641,19 \text{ kcal}}{h} \right) (10)(1 - 0,8)(3hp) = 3847,14 \text{ kcal/h}$$

$$Q_V = 3847,14 \text{ kcal/h}$$

3.1.1.4 Calor transmitido por las paredes

Para poder calcular este parámetro es necesario conocer el tipo de material con el que está compuesto el muro y el cielo del túnel de enfriamiento continuo, además del espesor y la conductividad térmica del material utilizado. El material usado son paneles térmicos que están compuestos de poliestireno expandido y tienen una conductividad térmica de 0,03(w/m²k), el espesor del panel es de 0,2m. El túnel de enfriamiento continuo se encuentra dentro del packing por ello se considera una temperatura exterior de 18°C y la temperatura interior se considera 1°C. Dimensión del túnel 22,5m de largo, 2m de ancho, 3m de altura.

El calor que remover de las paredes se obtiene de la siguiente ecuación

$$Q_{TP} = A_{\text{ext}} \cdot k \cdot \left[\frac{T_e - T_i}{e} \right]$$

Donde:

A_{ext} : Area Exterior

K : Conductividad del Aislante

T_e : Temperatura Exterior

T_i : Temperatura Interior

$$A_{\text{ext}} = 2 \times (22,5 \times 3 + 2,2 \times 3 + 22,5) = 247,2 \text{ m}^2$$

$$Q_{TP} = (247,2 \text{ m}^2) \cdot \left(\frac{0,036 \text{ w}}{\text{m } ^\circ\text{k}} \right) \cdot \left[\frac{18 - 1}{0,2 \text{ m}} \right] = 0,7564 \text{ kw}$$

$$Q_{TP} = 0,7564 \text{ kw}$$

$$Q_{TP} = 650,35 \text{ kcal/h}$$

3.1.2 Cálculo de carga térmica del túnel Californiano

Este tipo de sistema de enfriamiento es el más usado en la industria hortofrutícola para reducir la temperatura de frutas y hortalizas estos cercanos a los cero grados. Para la realización del cálculo de las necesidades frigoríficas se deben tener en cuenta diferentes elementos (tanto características constructivas como instalaciones y producto) que supongan una modificación de la temperatura del túnel y el volumen asociado.

Las necesidades frigoríficas requeridas en cada zona son la suma de distintas aportaciones caloríficas que han de ser compensadas, de forma que una vez conocidos todos los valores que hacen aumentar la temperatura del túnel se pueda compensar aportando el frío necesario.

El cálculo de la carga térmica se compone del calor que será removida de la fruta, el calor a remover de las cajas, calor removido generado a través de las filtraciones, calor removido por renovación de aire, calor a remover por el calor aportado por las personas, calor liberado por la iluminación. El tiempo considerado en la operación de enfriamiento en este tipo de sistema es de doce horas.

3.1.2.1 Calor por remover de la fruta

El tiempo teórico de enfriamiento es un tiempo ficticio que representa el tiempo de enfriamiento si la temperatura entre la fruta y el aire se mantuviesen constantes. Generalmente el tiempo real de enfriamiento varia para la uva de 9 y 13 horas.

El calor por remover de la fruta se calcula según la ecuación que se indica a continuación.

$$\text{Volumen De Uva} = (20 \times 114 \times 8,3) = 18,924 \text{ kg}$$

$$Q_F = [M_f \cdot C_f \cdot (T_e - T_s)]/T$$

Donde:

M_f : Flujo másico de la uva.

C_f : Calor específico de la uva.

T_e : Temperatura de entrada de la uva.

T_s : Temperatura de salida de la uva.

T : Tiempo de Enfriamiento.

$$Q_F = (18,924 \text{ kg}) \cdot \left(\frac{0,93 \text{ kcal}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}} \right) \cdot (28 - 0) ^\circ\text{C} = 492780,08 \text{ kcal}$$

$$Q_F = \left(\frac{492780,08 \text{ kcal}}{12\text{h}} \right) = 41065,08 \text{ kcal/h}$$

3.1.2.2 Calor a Remover de las cajas

Cuando se enfría un producto y estos están contenidos en recipientes (materiales de empaque) estos liberan calor el cual es absorbido por el sistema de enfriamiento, este calor se debe tomar como carga del producto.

El tipo de caja que se utiliza en la uva es cartón y plástico siendo la más comercial la de capacidad de 8,2kg

El calor por remover de las cajas se calcula según la ecuación que se indica a continuación.

$$C_E = \left(\frac{0,3200535 \text{ kcal}}{\text{kg } ^\circ\text{C}} \right)$$

$$\text{Volumen De Uva} = (20 \times 114 \times 0,5) = 1,140 \text{ kg}$$

$$Q_C = [M_f \cdot C_E \cdot (T_e - T_i)]/T$$

Donde:

M_f : Flujo másico de la uva.

C_E : Calor específico de la caja.

T_e : Temperatura de entrada de la uva.

T_s : Temperatura de salida de la uva.

T : Tiempo de Enfriamiento.

$$Q_F = (1,140 \text{ kg}) \cdot \left(\frac{0,320053 \text{ kcal}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}} \right) \cdot (20 - 0) ^\circ\text{C} = 7297,22 \text{ kcal}$$

$$Q_F = \left(\frac{7297,22 \text{ kcal}}{12 \text{ h}} \right) = 608,10 \text{ kcal/h}$$

3.1.2.3 Carga de calor por infiltraciones de calor

Es el calor que ingresa a través de las paredes, el material con el que está elaborado los muros y cielos es poliestireno expandido; el cálculo de las infiltraciones de calor está en función de la temperatura exterior, la interior el área del túnel y del coeficiente de transferencia.

La cantidad de calor producido por las infiltraciones se calcula según la ecuación que se indica a continuación.

$$V = \left(\frac{0,1 \text{ kcal}}{\text{h} \cdot \text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}} \right)$$

$$A_{\text{ext}} = 2 \times (15 \times 4,5 \times 2 + 4,5 \times 4,5) = 310,5 \text{ m}^2$$

$$Q_T = V \cdot S \cdot \Delta T$$

Donde:

V = Coeficiente global de transferencia

S = Area

ΔT = Variacion de la Temperatura

$$Q_T = \left(\frac{0,1 \text{ kcal}}{\text{h} \cdot \text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}} \right) \cdot (310,5 \text{ m}^2) \cdot [33 - (-2)]^\circ\text{C} = 1086,75 \text{ kcal/h}$$

3.1.2.4 Carga térmica por renovación de aire

Cada vez que el túnel se abre el aire que se encuentra en el exterior ingresa al área refrigerada, este aire cálido ingresa con una temperatura y humedad relativa que a su vez tienen que integrarse a las mismas condiciones interiores lo que provoca un aumento de la carga térmica a absorber por el sistema.

La cantidad de calor producido por la renovación de aire se calcula según la ecuación que se indica a continuación.

$$Q_A = V \cdot \rho \cdot \left(\frac{1}{\text{Renv.h}} \right) \cdot C_P (T_e - T_i)]$$

$$C_P = \left(\frac{0,93 \text{ kcal}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}} \right)$$

Donde:

Q_A : Volumen por renovaciones de aire al día kcal/día

V : Volumen de la cámara.

ρ : Densidad del aire en kg/m^3 (Para efectos de cálculo se tomará del cuadro 3.1; este valor se toma debido a la cercanía de Olmos al mar (msnm))

C_p : Calor específico de la uva $\text{kcal}/\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}$

T_e : Temperatura Exterior.

T_s : Temperatura Interior.

T : Tiempo de Enfriamiento.

Cuadro 3.1 Valores densidad del aire en el ambiente

Altitud m	Mínimo (Kg/m^3)	Promedio (Kg/m^3)	Máximo (Kg/m^3)
0	1,1405	1,2254	1,3167
305	1,1101	1,1886	1,2735
610	1,0812	1,1533	1,2302
914	1,0524	1,1197	1,2222
1000	1,0444	1,1101	1,1902
1219	1,0252	1,0861	1,1501
1524	0,9996	1,0556	1,1133
1829	0,9739	1,0236	1,0764
2000	0,9595	1,0076	1,0572
2134	0,9483	0,9931	1,0412
2438	0,9243	0,9643	1,0060
2743	0,8986	0,9355	0,9723
3000	0,8794	0,9115	0,9467
3048	0,8762	0,9082	0,9419

Fuente: Çengel, Yunus A, “Mecánica de fluidos: Fundamentos y aplicaciones”

$$Q_A = (303,75\text{m}^3) \cdot \left(\frac{1,2254 \text{ kg}}{\text{m}^3}\right) \cdot \left(\frac{1}{\text{Renv. h}}\right) \cdot \left(\frac{0,93 \text{ kcal}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}}\right) \cdot [30 - (0)]$$

$$Q_A = 10384,81 \text{ kcal/h}$$

3.1.2.5 Calor aportado por las personas

El técnico encargado de la inspección del túnel de enfriamiento aporta calor, sobre todo si este permanece por tiempos prolongados durante la inspección de los pallets. Este desprendimiento de calor depende de la persona, tipo de trabajo, uniforme, etc.

La cantidad de calor producido por las personas se calcula según la ecuación que se indica a continuación.

$Q = 150 \text{ Kcal/h}$; Parámetro obtenido de la norma UNE_EN ISO 7730 (Determinación del bienestar térmico mediante el cálculo de los índices PMV, PPD y los criterios del bienestar térmico local)

$$Q_{Pe} = (Q \cdot N \cdot T) / T$$

Donde:

Q : Calor emitido por persona (kcal/h)

N : Numero de personas

T : Tiempo de permanencia de horas al día.

$$Q_{Pe} = \left[\frac{(150 \text{ kcal}) \cdot (1) \cdot (8h)}{24h} \right] = 50 \text{ kcal/h}$$

$$Q_{Pe} = 50 \text{ kcal/h}$$

3.1.2.6 Calor aportado por la iluminación

Para la potencia de iluminación del túnel de enfriamiento californiano se tomará como base cuatro reflectores de 500 W cada uno sumando un total de 2000W, esto nos servirá para calcular las pérdidas de calor por iluminación, el tiempo de luminaria encendida será de una hora.

La cantidad de calor producido por la iluminación se calcula según la ecuación que se indica a continuación.

$$W = 0,86 \text{ kcal/h}$$

$$P = 2000 \text{ w}$$

$$Q_{Pe} = (Q)/T$$

Donde:

Q: Calor emitido por la luminaria (kcal/h)

T : Tiempo de permanencia de luminaria encendida en horas al día.

$$Q_{Il} = \left[\frac{(2000 \times 0,86 \text{ kcal})}{1 \text{ h}} \right] = 1720 \text{ kcal/h}$$

$$Q_{Il} = 1720 \text{ kcal/h}$$

3.1.3 Suma de cargas térmicas

3.1.3.1 Suma de Cargas térmicas del túnel de enfriamiento continuo

La carga térmica total del túnel de enfriamiento continuo debe ser la suma de cada una de las cargas térmicas calculadas

Cuadro 3.2 Sumatoria de cargas térmicas del túnel de enfriamiento continuo

Suma de cargas térmicas del túnel continuo			
Ítem	Tipos de cargas	Abreviación	kcal/h
1	Calor a remover de la fruta	Q_F	104395,2
2	Calor producido por la respiración de la fruta	Q_{Resp}	79,13
3	Calor producido por los motores de los ventiladores	Q_V	3847,14
4	Calor transmitido por las paredes	Q_{Tp}	650,35
	Total carga térmica		108971,8

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 3.3 Resumen de total de carga térmica por turno

Total carga térmica por turno	
Turno	8 h
Kilogramos Enfriados	32000
Temperatura Inicial	28 °C
Temperatura Final	0 °C
Total, Kcal	871774,6

Fuente: Elaboración propia

3.1.3.2 Suma de Cargas térmicas del túnel de enfriamiento californiano

La carga térmica total del túnel de enfriamiento continuo debe ser la suma de cada una de las cargas térmicas calculadas

Cuadro 3.4 Sumatoria de cargas térmicas del túnel de enfriamiento californiano

Suma de cargas térmicas del túnel californiano			
Ítem	Tipos de cargas	Abreviación	kcal/h
1	Calor a remover de la fruta	Q_F	41065,08
2	Calor a remover de las cajas	Q_C	608,1
3	Carga de calor por infiltraciones de calor	Q_T	1086,75
4	Carga térmica por renovación de aire	Q_A	10384,81
5	Calor aportado por las personas	Q_{Pe}	50
6	Calor aportado por la iluminación	Q_{IL}	143,33
	Total carga térmica		53338,07

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 3.5 Resumen de total de carga térmica por turno

Total, carga térmica por turno	
Turno	12 h
Kilogramos Enfriados	18924
Temperatura Inicial	28 °C
Temperatura Final	0 °C
Total, Kcal	640056,84

Fuente: Elaboración propia

3.2 CONSUMOS ENERGÉTICOS

Los consumos energéticos del túnel de enfriamiento continuo y del túnel de enfriamiento californiano se exponen a continuación, en dichas tablas muestra el detalle de cada equipo eléctrico del que forma parte cada sistema de enfriamiento además del consumo de cada uno de ellos

3.2.1 Suma de consumo energético del túnel de enfriamiento continuo

Los consumos energéticos de los diferentes equipos eléctricos que están involucrados en el sistema de enfriamiento continuo se muestran a continuación en la siguiente tabla.

Cuadro 3.6 Sumatoria de cargas eléctricas del sistema de enfriamiento continuo

Suma de consumo eléctrico del túnel continuo					
Ítem	Descripción	Cantidad	Potencia en hp	Total hp	Total kw
1	Ventiladores	10	3	30	22,38
2	Motorreductor	1	10	10	7,46
3	Compresor	1	75	75	55,95
4	Bomba Condensador	1	1,5	1,5	1,119
5	Bomba Amoniaco	1	5	5	3,73
6	Ventiladores Condensador	2	2,5	5	3,73
7	Reflectores	3	500 watts		1,5
	Total consumo eléctrico				95,87

Fuente: Elaboración propia

3.2.1.1 Costo de consumo energético del túnel de enfriamiento continuo

El costo del consumo energético del túnel de enfriamiento continuo (C_E) está en función del consumo eléctrico total y del costo por kilowatt (ese parámetro es 0,2502 soles de acuerdo con la tarifa eléctrica)

El costo energético se calcula mediante a ecuación que se indica a continuación.

$$C_{E1} = C_{WC} \cdot C \quad Y \quad C_{WC} = H_{TC} \cdot W_{HC}$$

Donde:

C_{W1} = Consumo eléctrico total en kilowatt por operación del túnel continuo.

H_{T1} = Horas de operación del túnel continuo.

W_{H1} = Consumo en Kilowatt por hora del túnel continuo.

C = Costo unitario del kilowatt por hora.

$$C_{W1} = (8 \text{ h}) \cdot \left(\frac{95,87 \text{ kw}}{\text{h}} \right) = 766,96 \text{ kw}$$

$$C_{E1} = (766,96 \text{ kw}) \cdot \left(\frac{0,2502 \text{ Soles}}{\text{kw}} \right) = 192 \text{ soles}$$

3.2.2 Suma de consumo energético del túnel de enfriamiento californiano

Los consumos energéticos de los diferentes equipos eléctricos que están involucrados en el sistema de enfriamiento californiano se muestran a continuación en la siguiente tabla.

Cuadro 3.7 Sumatoria de cargas eléctricas del sistema de enfriamiento californiano

Suma de consumo eléctrico del túnel californiano					
Ítem	Descripción	Cantidad	Potencia en hp	Total hp	Total kw
1	Ventiladores	2	10	20	14,92
2	Compresor	1	75	75	55,95
3	Bomba Condensador	1	1,5	1,5	1,12
4	Bomba Amoniaco	1	5	5	3,73
5	Ventiladores Condensador	2	2,5	5	3,73
6	Reflectores		500 watts		1,5
	Total consumo eléctrico				80,95

Fuente: Elaboración propia

3.2.2.1 Costo de consumo energético del túnel de enfriamiento californiano

El costo del consumo energético del túnel de enfriamiento californiano (C_{E2}) está en función del consumo eléctrico total y del costo por kilowatt (C; ese parámetro es 0.2502 soles de acuerdo con la tarifa eléctrica)

El costo energético se calcula mediante la ecuación que se indica a continuación.

$$C_{E2} = C_{W2} \cdot C \quad \text{Y} \quad C_{W2} = H_{T2} \cdot W_{H2}$$

Donde:

C_{W2} = Consumo eléctrico total en kilowatt por operación del túnel californiano.

H_{T2} = Horas de operación del túnel californiano.

W_{H2} = Consumo en Kilowatt por hora del túnel californiano.

C = Costo unitario del kilowatt por hora.

$$C_{W2} = (12 \text{ h}) \cdot \left(\frac{80,95 \text{ kw}}{\text{h}} \right) = 971,4 \text{ kw}$$

$$C_{E2} = (971,4 \text{ kw}) \cdot \left(\frac{0,2502 \text{ Soles}}{\text{kw}} \right) = 243 \text{ soles}$$

3.3 MANTENIMIENTO

El mantenimiento a ambos sistemas de enfriamiento se realiza antes del inicio de la temporada el cual demanda diferentes labores que se detallaran a continuación por cada sistema de enfriamiento.

3.3.1 Labores de mantenimiento del túnel de enfriamiento continuo

El mantenimiento al túnel de enfriamiento continuo comprende diferentes labores las cuales se mencionan a continuación.

Cuadro 3.8 Labores de mantenimientos realizadas en túnel continuo

Labores de mantenimiento en túnel continuo		
Ítem	Descripción	Ubicación
1	Remoción de oxido	Túnel Continuo
2	Pintado con pintura anticorrosiva	
3	Lubricación de chumaceras	
4	lubricación de cadenas	
5	Revisión Bomba Amoniaco	
6	Revisión de ventiladores	
7	Revisión de motorreductor	
8	Revisión de Ejes	
9	Remoción de óxido de chasis de evaporador	Condensador Evaporativo
10	Pintado con pintura anticorrosiva	
11	Revisión de motobomba	
12	Revisión de serpentines	
13	Revisión de ventiladores	Compresor
14	Remoción de oxido	
15	Pintado con pintura anticorrosiva	
16	Cambio de aceite	
17	Revisión de pistones, biela, anillos empaquetaduras, etc.	Sala de maquinas
18	Revisión de válvulas, motores del circuito	
19	Revisión de estanque de NH3	
20	Revisión de ductos succión y descarga	
NOTA: Horas hombre máximas a emplear 576 Horas		

Fuente: Plan de mantenimiento de la Agrícola Zeit Organisch S.A.C

3.3.2 Labores de mantenimiento del túnel de enfriamiento californiano

El mantenimiento al túnel de enfriamiento californiano comprende diferentes labores las cuales se mencionan a continuación.

Cuadro 3.9 Labores de mantenimientos realizadas en túnel californiano

Labores de mantenimiento en túnel californiano		
Ítem	Descripción	Ubicación
1	Remoción de óxido en chasis	Túnel Californiano
2	Pintado con pintura anticorrosiva	
3	Bomba Amoniaco	
4	Revisión de puerta	
5	Revisión de ventiladores	
6	Remoción de óxido de chasis de evaporador	Condensador Evaporativo
7	Pintado con pintura anticorrosiva	
8	Revisión de motobomba	
9	Revisión de serpentines	
10	Revisión de ventiladores	Compresor
11	Remoción de oxido	
12	Pintado con pintura anticorrosiva	
13	Cambio de aceite	
14	Revisión de pistones, biela, anillos empaquetaduras, etc.	Sala de maquinas
15	Revisión de válvulas, motores del circuito	
16	Revisión de estanque de NH3	
17	Revisión de ductos succión y descarga	
NOTA: Horas hombre máximas a emplear 384 Horas		

Fuente: Plan de mantenimiento de la Agrícola Zeit Organisch S.A.C

3.3.3 Costos de mantenimiento del túnel de enfriamiento continuo y del túnel de enfriamiento californiano

Para obtener los costos de mantenimiento de ambos sistemas de enfriamiento continuo y del californiano se obtuvo información del programa de mantenimiento de Agrícola Zeit Organisch S.A.C.; de este se obtuvo las horas hombre máximas empleadas en el mantenimiento (cuadro 3.10 y cuadro 3.11). El costo de hora hombre es de 10 soles, esto de acuerdo con el historial de pago para labores de mantenimiento de la planta. Para obtener el costo de mantenimiento por cada operación se divide el costo total entre 90 (número de operaciones consideradas en planta).

Cuadro 3.10 .Costo total de mantenimiento del túnel de enfriamiento continuo

Costo de mantenimiento total túnel continuo		
Horas hombre	Costo hora	Costo total en soles
576	10	5760

Fuente: Elaboración propia

$CMA_1 = 5760/90 = 64 \text{ soles}$; *Costo de mantenimiento por operación en el sistema continuo.*

Cuadro 3.11 Costo total de mantenimiento del túnel de enfriamiento californiano

Costo total de mantenimiento túnel californiano		
Horas hombre	Costo hora	Costo total en soles
384	10	3840

Fuente: Elaboración propia

$CMA_2 = 3840/90 = 43 \text{ soles}$; *Costo de manteniendo por cada operación en el sistema californiano.*

3.4 MANO DE OBRA

Los costos por mano de obra al igual que los demás parámetros anteriormente estudiados, se consideran en la temporada productiva. A continuación, se detalla la cantidad de personal y costo empleado en cada sistema de enfriamiento.

3.4.1 Mano de obra empleada en túnel de enfriamiento continuo

La mano de obra empleada para la operación del túnel continuo está compuesta por personal calificado y se muestra en el siguiente cuadro, además de su costo hora y costo total.

Cuadro 3.12 Costo de mano de obra del túnel de enfriamiento continuo

Personal -Túnel continuo					
Item	Descripcion	Cantidad	Horas Turno	Costo/h	Total
1	Moso de linea	4	8	6	192
2	Tecnico electricista	1	8	8	64
3	Frigorista	1	8	8	64
4	Supervisor	1	8	9	72
Total Soles					392

Fuente: Elaboración propia

3.4.2 Mano de obra empleada en túnel de enfriamiento californiano

La mano de obra empleada para la operación del túnel californiano está compuesta por personal calificado y se muestra en el siguiente cuadro, además de su costo hora y costo total.

Cuadro 3.13 Costo de mano de obra del túnel de enfriamiento californiano

Personal -Túnel californiano					
Item	Descripcion	Cantidad	Horas Turno	Costo/h	Total
1	Tecnico electricista	1	12	8	96
2	Montacarguista	1	12	7	84
3	Frigorista	1	12	8	96
4	Supervisor	1	12	9	108
Total Soles					384

Fuente: Elaboración propia

3.5 TIEMPOS DE ENFRIAMIENTO

El tiempo de enfriamiento realizado en ambos sistemas tiene como promedio 8 horas para el túnel de enfriamiento continuo y 12 horas para el túnel de enfriamiento californiano. Los tiempos de enfriamiento registrados se tomaron del sistema de termometría que se encarga de registrar las temperaturas y tiempos de enfriamiento en tiempo real, los datos obtenidos en ambos sistemas se muestran continuación en los siguientes cuadros 3.14 y 3.15.

Cuadro 3.14 Tiempos de enfriamiento del túnel de enfriamiento continuo

Operación	Tiempo de enfriamiento
1	7,5 h
2	8 h
3	8 h
4	8 h
5	8,8 h
6	8 h
7	8 h
8	8 h
9	8 h
10	8,8 h

Fuente: Datos tomados del sistema de termometría

Cuadro 3.15 Tiempo de enfriamiento del túnel de enfriamiento californiano

Operación	Tiempo de enfriamiento
1	12 h
2	12 h
3	12 h
4	11 h
5	11,5 h
6	12 h
7	12 h
8	13 h
9	12 h
10	13 h

Fuente: Datos tomados del sistema de termometría

CAPÍTULO 4. RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1 RESULTADOS

4.1.1 Eficiencias de los sistemas de enfriamiento

Para las eficiencias de los sistemas de enfriamiento se tomarán parámetros como son el tiempo, las calorías absorbidas, se hará una comparación y determinar cuál es eficiente con respecto a los parámetros mencionados.

4.1.1.1 Eficiencia del túnel de enfriamiento continuo con respecto al tiempo

Para efectos de esta investigación como medida de eficiencia se tomará como referencia los tiempos de enfriamiento tomados; para la evaluación individual en lo que respecta la eficiencia se tienen los diferentes tiempos de enfriamiento.

$$T_0 = 8 \text{ h} \quad T_1 = 7,5 \text{ h} \quad T_2 = 8.8 \text{ h}$$

$$E_1 = \left[\frac{7,5}{8} \right] = 93,75\% \quad E_2 = \left[\frac{8,8}{8} \right] = 110\%$$

$$\text{Variacion1} = 100 - 93,75 = 6,25\%$$

De las eficiencias encontradas 1 y 2 se obtiene un 6,25%, lo que significa que el sistema puede llegar a ser un 6,25% más eficiente con respecto al tiempo de enfriamiento.

4.1.1.2 Eficiencia del túnel de enfriamiento californiano con respecto al tiempo

Para efectos de esta investigación como medida de eficiencia se tomará como referencia los tiempos de enfriamiento tomados en proceso para la evaluación individual en lo que respecta la eficiencia se tuvieron los siguientes tiempos.

$$T_0 = 12 \text{ h} \quad T_1 = 11 \text{ h} \quad T_2 = 13 \text{ h}$$

$$E_1 = \left[\frac{11}{12} \right] = 91,67\% \quad E_2 = \left[\frac{13}{12} \right] = 108,33\%$$

$$\text{Variacion1} = 100 - 91,67 = 8,33\%$$

De las eficiencias encontradas 1 y 2 se obtiene un 8,33%, lo que significa que el sistema puede llegar a ser un 8,33% más eficiente con respecto al tiempo de enfriamiento.

4.1.1.3 Eficiencia del sistema continuo con respecto al sistema californiano en la absorción calorífica

Luego de haber calculado las cargas térmicas de ambos sistemas de enfriamiento cuyos resultados se muestran en los cuadros: 3.2 y 3.4 se evaluará la eficiencia del primero con respecto al segundo sistema de enfriamiento.

$$\text{Calorias absorbidas por el sistema continuo} = 108971,8 \text{ kcal/h}$$

$$\text{Calorias absorbidas por el sistema californiano} = 53338,07 \text{ kcal/h}$$

$$\text{Variacion} = \frac{(108971,8 - 53338,07) \text{ kcal}}{\text{h}} = 55633,73 \text{ kcal/h}$$

$$\text{Porcentaje} = \left[\frac{55633,73 \text{ kcal}}{53338,07 \text{ kcal}} \right] = 104,3\%$$

El sistema de enfriamiento continuo es 104,3% más eficiente respecto al sistema californiano; se traduce que el sistema continuo más del 100 % de calorías comparado al sistema californiano.

4.1.1.4 Eficiencia de tiempo por tonelada de fruta enfriada del sistema continuo con respecto al sistema californiano

Conocido el flujo de fruta por hora en ambos sistemas se procederá en calcular la eficiencia de continuo respecto al californiano.

Capacidad de enfriamiento sistema continuo = 4000 kg/h

Capacidad de enfriamiento del sistema californiano = 1577 kg/h

$$\text{Variacion} = \frac{(4000 - 1577) \text{ kg}}{\text{h}} = 2453 \text{ kg/h}$$

$$\text{Porcentaje} = \left[\frac{2453 \text{ kg/h}}{1577 \text{ kg/h}} \right] = 155,6\%$$

El sistema de enfriamiento continuo logra enfriar 155,6% kg por hora más que el sistema californiano.

4.1.1.5 Eficiencia de costos por tonelada de fruta enfriada del sistema continuo con respecto al sistema californiano

Luego de calcular los costos de operación de cada sistema se calculará los costos por tonelada y la eficiencia del sistema continuo respecto al californiano.

Costo de operacion del sistema continuo = 648 soles

Costo de operacion del sistema continuo californiano = 670 soles

Kilogramos de fruta enfriado en el sistema continuo = 32000 kg = 32 t

kilogramos de fruta enfriados en el sistema californiano = 18924 Kg=18,9 t

$$\text{Costo de enfriamiento por tonelada en sist con} = \frac{(648)\text{soles}}{32 \text{ t}} = 20,3 \text{ Soles/t}$$

$$\text{Costo de enfriamiento por tonelada en sist calf} = \frac{(670)\text{soles}}{18,9 \text{ t}} = 35,5 \text{ Soles/t}$$

$$\text{Variacion} = \frac{(35,5 - 20,3)\text{soles}}{\text{t}} = 15,2 \text{ Soles/t}$$

$$\text{Porcentaje} = \left[\frac{15,2 \text{ Soles/t}}{35,5 \text{ Soles/t}} \right] = 42,8\%$$

El costo de enfriamiento por tonelada de fruta del sistema de enfriamiento continuo es mucho menor con respecto al sistema californiano, esto representa un 42,8%.

4.1.2 Tiempo de enfriamiento del túnel de enfriamiento continuo

El tiempo de enfriamiento continuo para efectos de cálculos se consideraron 8 horas esto para calcula las calorías que el sistema podía absorber, sin embargo este rango al momento de realizar la inspección in situ varia de 7,5 y 8,8 horas, debido a diferentes factores: temperatura de fruta (no uniforme), temperatura interior , velocidad de salida del túnel .

El tiempo promedio de enfriamiento real por tonelada de fruta en este sistema es 4 toneladas por hora.

4.1.3 Tiempo de enfriamiento del túnel de enfriamiento californiano

El tiempo de enfriamiento continuo para efectos de cálculos se consideraron 12 horas, esto para calcular las calorías que el sistema podía absorber, sin embargo este rango al momento de realizar la inspección in situ varía de 11 y 13 horas, debido a diferentes factores como temperatura de fruta (no uniforme) , temperatura de materiales, temperatura exterior.

El tiempo promedio de enfriamiento real por tonelada de fruta en este sistema es 1,5 toneladas por hora.

4.1.4 Cálculo de costos de operación del túnel de enfriamiento continuo

Luego de calcular los diferentes costos que conforman los costos de operación del sistema de enfriamiento continuo; los costos de mano de obra (cuadro 3.12), costo de mantenimiento (CMA_1 , pag 50) y costo de consumo eléctrico (C_{E1} , pág. 45) se procede a calcular el costo de operación del sistema continuo.

El costo de operación del túnel de enfriamiento continuo se calcula mediante la ecuación que se indica a continuación.

$$C_{O1} = CMO_1 + CMA_1 + C_{E1}$$

Donde:

CMO_1 = Costo de mano de obra del sistema continuo.

CMA_1 = Costo de mantenimiento del sistema continuo.

C_{E1} = Costo de consumo energético del sistema continuo.

$$C_{O1} = 64 + 192 + 392 = 648 \text{ Soles}$$

El Costo de cada operación de enfriamiento para este tipo de sistema se calculó y se obtuvo la cifra de 648 soles.

4.1.5 Cálculo de costos de operación del túnel de enfriamiento californiano

Luego de calcular los diferentes costos que conforman los costos de operación del sistema de enfriamiento californiano; los costos de mano de obra (cuadro 3.13), costo de mantenimiento (CMA_2 , pag 50) y costo de consumo eléctrico (C_{E2} , pag 47) se procede a calcular el costo de operación del sistema californiano.

El costo de operación del túnel de enfriamiento californiano se calcula mediante la ecuación que se indica a continuación.

$$C_{O2} = CMO_2 + CMA_2 + C_{E2}$$

Donde:

CMO_2 = Costo de mano de obra del sistema californiano.

CMA_2 = Costo de mantenimiento del sistema californiano.

C_{E2} = Costo de consumo energético del sistema californiano.

$$C_{O2} = 43 + 384 + 243 = 670 \text{ Soles}$$

El Costo de cada operación de enfriamiento en este tipo de sistema se calculó y se obtuvo la cifra de 670 soles.

4.2 DISCUSIÓN DE RESULTADOS

1. De acuerdo a los resultados encontrados como son: eficiencia, tiempos de enfriamiento y costos de operación del sistema de enfriamiento continuo y del sistema de enfriamiento californiano son menores del primero con respecto al segundo esto permitirá el optimizar el proceso de empacado al programar las

operaciones de manera eficiente, sin embargo se puede plantear nuevas investigaciones a partir de ambos sistemas de enfriamiento con otro tipo de frutas y comparar los diferentes costos de operación .

2. Se evaluó la eficiencia de ambos sistemas de enfriamiento demostrando que el sistema continuo es más eficiente que el sistema californiano por lo que se acepta la hipótesis de que túnel de enfriamiento es mayor que la del sistema continuo estos resultados guardan relación con lo que sostiene Seitz Lyng.N.S. (2008) que realizó la investigación denominada “Factibilidad del enfriamiento rápido continuo para fruta fresca”, el determino que el sistema continuo es factible comparado al sistema de enfriamiento por lotes; en lo que coincide con esta investigación es que el sistema continuo es eficiente en ambas investigaciones.

3. El tiempo de enfriamiento por tonelada de fruta del sistema continuo es menor que el sistema californiano, por lo que se acepta la hipótesis planteada; que el tiempo de enfriamiento por tonelada de fruta del túnel continuo es menor que del túnel californiano, sin embargo se encontraron tiempos diferentes con el que se realizó los cálculos esto sería tema de otra investigación e identificar los parámetros que influyen en dicha variación de los tiempos de enfriamiento.

-Ítem 4.1.2 Tiempo de enfriamiento del túnel de enfriamiento continuo
3,9 toneladas por hora.

-Ítem 4.1.3 Tiempo de enfriamiento del túnel de enfriamiento californiano
1.5 toneladas por hora.

4. Los costos de operación del sistema de enfriamiento continuo y del sistema de enfriamiento californiano calculados en función al costo de mano de obra, costo de mantenimiento y consumo tal como se muestran en siguiente cuadro

Cuadro 4.1 Resumen de los costos de operación, mano de obra, mantenimiento y eléctrico

	Costo de Operación	Costo de mano de obra	Costo de mantenimiento	Costo eléctrico
Sistema Continuo	S/648,00	S/392,00	S/64,00	S/192,00
Sistema Californiano	S/670,00	S/384,00	S/43,00	S/243,00
Diferencia	-S/22,00	S/8,00	S/21,00	-S/51,00

Fuente: Elaboración propia

Del cuadro mostrado se observa que el costo de operación del sistema continuo es menor al del sistema californiano por lo tanto se acepta la hipótesis de que el costo de operación del túnel de enfriamiento continuo es menor que del sistema californiano.

CONCLUSIONES

1. En el estudio comparativo de los diferentes sistemas de enfriamiento se obtiene como resultado que enfriar una tonelada de fruta en el sistema continuo cuesta 20,3 soles por tonelada y en el sistema californiano cuesta 30,5 soles por tonelada esto hace una diferencia del 42,8% del sistema continuo con respecto al sistema californiano.
2. Se demostró que el sistema de enfriamiento continuo es 104,3% más eficiente que el sistema de enfriamiento californiano en retiro de carga térmica.
3. Se determinó que el tiempo de enfriamiento para el sistema continuo exceden 10% del promedio y para el sistema californiano exceden 8,33% del promedio.
4. El costo de operación del túnel de enfriamiento continuo es 648 soles y el costo de operación del túnel de enfriamiento californiano es 670 soles, esto hace una diferencia menor del sistema continuo con respecto al californiano en 3,28%.

RECOMENDACIONES

1. Es necesario realizar un estudio detallado en el cual se compare el sistema de enfriamiento continuo con otro sistema de enfriamiento.
2. Evaluar tiempos de enfriamiento utilizando otro tipo de refrigerante, sea freón o glicol.
3. Experimentar tiempos de enfriamiento en sistema continuo con cajas de fruta ya empacadas.
4. Diseñar una máquina para carga y descarga de túnel continuo de tal manera que reduzca el costo de mano de obra.
5. Realizar un estudio comparando el grado de deshidratación de la fruta después del enfriado entre ambos sistemas de enfriamiento.

BIBLIOGRAFÍA

- Chico Enrique. A. (2012). Cámaras frigoríficas para el almacenamiento temporal de productos (Tesis de grado, Universidad de Valladolid de España). Recuperado de <https://uvadoc.uva.es/bitstream/10324/1891/1/PFC-P%2023.pdf>
- Gonzales Nuñez.E.R. (2007). Estudio comparativo de los intercambiadores de calor de coraza-tubos y los de placa plana (Tesis de grado, Universidad Nacional Mayor De San Marcos). Recuperado de http://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/cybertesis/549/1/Gonzales_ne.pdf
- Horngren.C.T. (2012). Contabilidad de Costos. México. F: Decimocuarta Edición.
- Lampe Ponce. J. (2010), Memoria Técnica Túnel de Enfriamiento (Informe Núm.002) Chile.
- Laura Malaspina. (2011). Cálculo preliminar de costos del funcionamiento de un frigorífico público de gestión privada. Centro Pyme ADENEU. Recuperado de <http://www.cpymeadeneu.com.ar/Documentos/Calculo%20frio.pdf>
- Neuner.J.W. (2000). Contabilidad de Costos. México. F: Tercera Edición.
- Paredes Yataco. I.L (2015). Diseño de un sistema de refrigeración con dos temperaturas de evaporación empleando un solo compresor (Tesis de grado, Pontificia Universidad Católica Del Perú). Recuperado de <http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/123456789/6509>
- Ramírez Miralles.J.A. (2000). Nueva enciclopedia de la climatización-Refrigeración. España: Volumen 1+.
.+

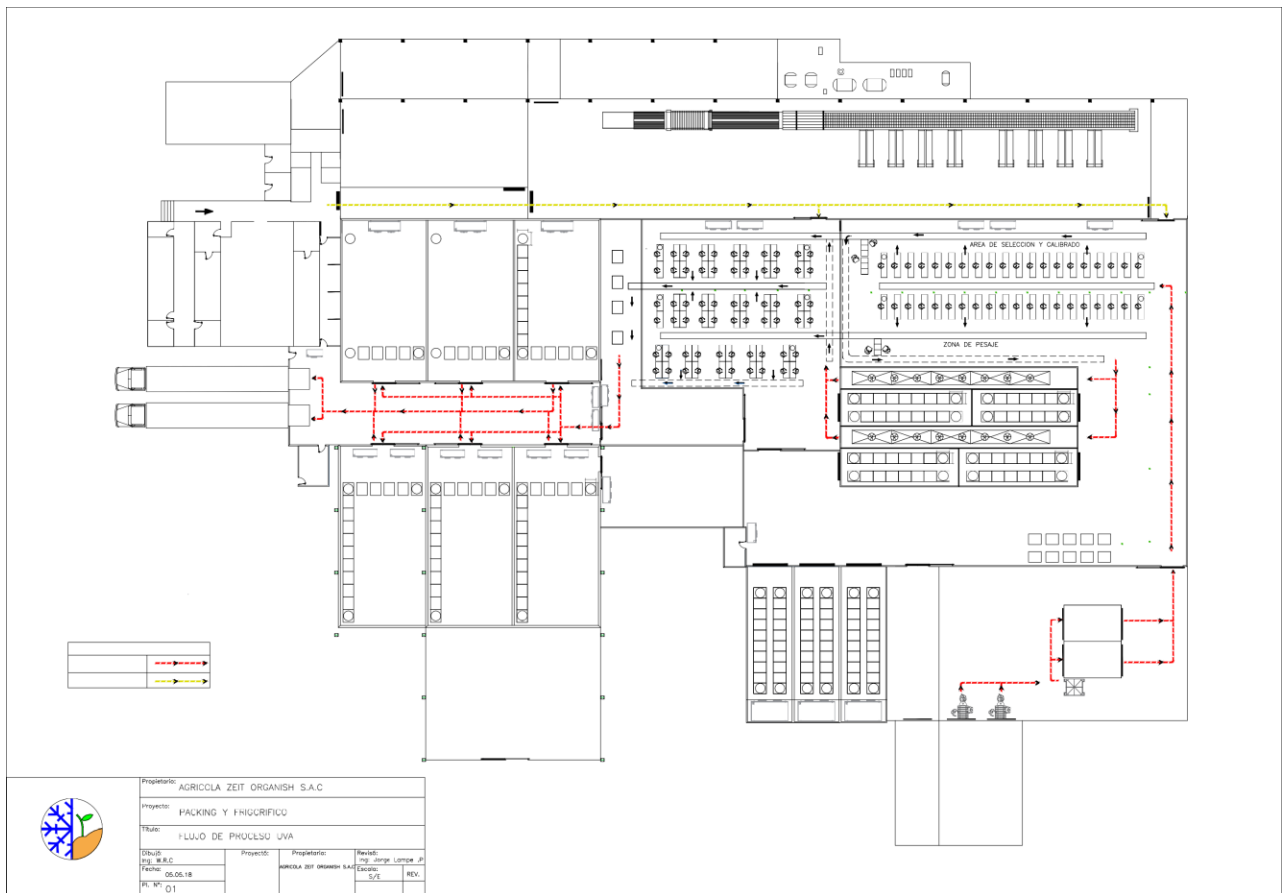
- Rivero Zanatta.J.P. (2013). Costos y Presupuestos. PERU: Yo publico S.A.C
- Roy J. Dossat. Principio de Refrigeración: 5ta Impresión.
- Vidal González, M.A. (2008). Enfriamiento de un sólido por flujo forzado con cambio cíclico de dirección. Aplicación a Pallets de Uvas (Tesis de grado, Universidad De Chile). Recuperado de http://www.cybertesis.cl/tesis/uchile/2008/vidal_mg/html/index-frames.html
- Yunus.A. Cengel. (2009). Termodinámica. México. F: Sexta Edición
- Ramón Frederick (1997). Enfriamiento Rápido de Frutas, Curso de Extensión, Universidad de Chile y Fundación Chile
- Casimiro Catala .G. (2008) Guía Básica del Frigorista. España.
- Reinaldo J .Benitez Influencia De Los Costos De Mantenimiento En La Toma De Decisiones
Recuperado de <http://www.mantenimientomundial.com/sites/mm/notas/Influencia-costos-mantenimiento.pdf>
- Ramon Frederick.G. (2016). Apuntes Para El Curso De Transferencia De Calor (Facultad De Ciencias Físicas y Matemáticas - Chile)
Recuperado de https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:ahG5Mj3J3CIJ:https://www.ucursos.cl/ingenieria/2007/1/ME43B/1/material_docente/bajar%3Fid_material%3D122627+&cd=1&hl=es-419&ct=clnk&gl=pe

ANEXOS

ANEXO 01

***Layaut de Ubicación de Agrícola Zeit
Organisch S.A.C***

Fuente: Agrícola Zeit Organisch S.A.C



ANEXO 02

***Diagrama de Flujo Amoniaco-Glicol de la
Agrícola Zeit Organisch S.A.C***

Fuente: Agrícola Zeit Organisch S.A.C



ANEXO 3 Carga de túnel de enfriamiento continuo

Fuente: Packing de Agrícola Zeit Organisch S.A.C



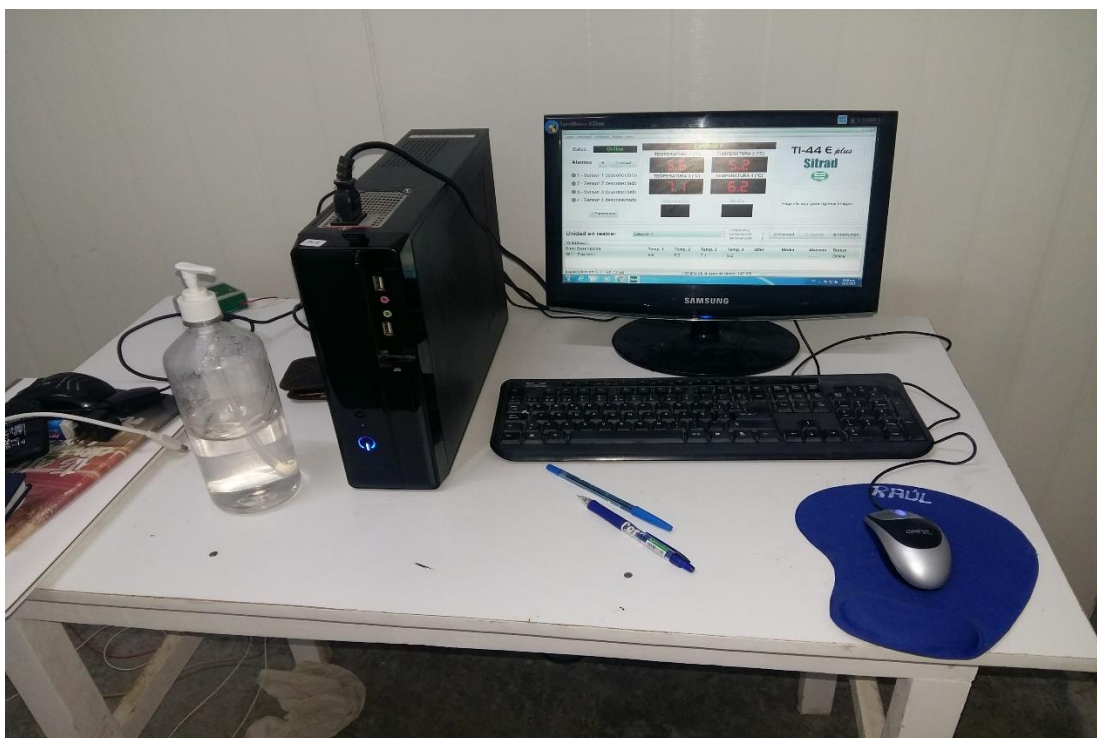
ANEXO 4 Carga de túnel de enfriamiento californiano

Fuente: Túneles de prefrio de Agrícola Zeit Organisch S.A.C



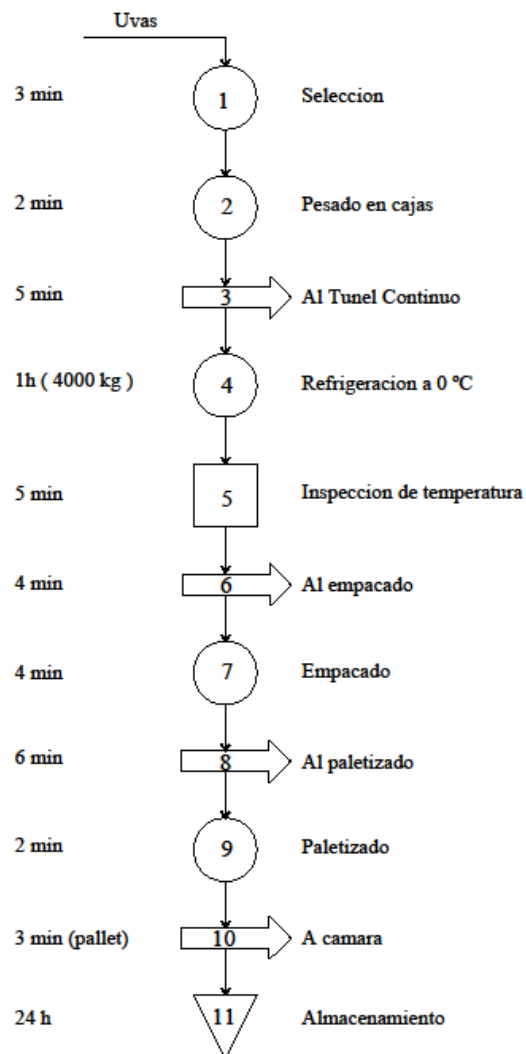
ANEXO 5 Inspección de la temperatura de fruta en cámara

Fuente: Cámara de mantención de Agrícola Zeit Organisch S.A.C



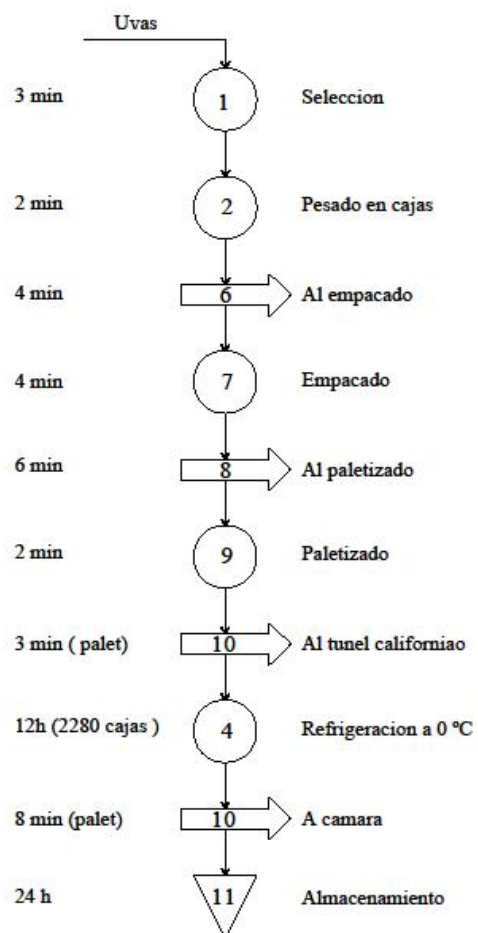
ANEXO 6 Área de termometría

Fuente: Oficina de termometría de Agrícola Zeit Organisch S.A.C



ANEXO 7 Diagrama de operaciones del proceso de enfriamiento del sistema continuo

Fuente: Elaboración propia



ANEXO 8 Diagrama de operaciones del proceso de enfriamiento del sistema californiano

Fuente: Elaboración propia

Ficha técnica del túnel de enfriamiento continuo

Descripción:

El túnel de enfriamiento continuo enfría frutas de forma continua, previamente envasados en caliente o a granel como son uvas, mangos, paltas, arándanos, limones, manzanas, duraznos, etc.; el enfriamiento se logra a través del aire forzado a bajas temperaturas que emiten varios evaporadores a lo largo del túnel.

Características:

- Capacidad de diseño 5000 kg/h.
- Recepción de cajas a temperatura ambiente o por debajo de ellas.
- Tiempo de permanencia variable dependiendo de temperaturas de entrada y salida deseadas además de tipo de fruta y/o tipo de empaque.

Dimensiones:

- Altura: 3 m
- Ancho: 2,2 m
- Largo total: 22,5 m

Especificaciones técnicas:

1. Paredes de panel termino de 200 mm de espesor.
2. Red de deshielo.
3. Diez ventiladores con giro invertido de 3 hp.
4. Motobomba de 1.5 hp.
5. Siete evaporadores distribuidos en serie.
6. Chasis Galvanizado para soporte de evaporadores.
7. Un motorreductor de siete velocidades.
8. Cuatro Sensores de temperatura ambiente.
9. Tres cintas transportadoras de cadenas con capacidad de 192 cajas.
10. Controlador-registrador de temperatura.
11. Tablero de control.

Ficha técnica del túnel de enfriamiento californiano

Descripción:

El túnel de enfriamiento californiano enfría frutas previamente envasados en caliente o a granel como son uvas, mangos, paltas, arándanos, limones, manzanas, duraznos, etc; el enfriamiento se logra a través del aire forzado a bajas temperaturas que emite el evaporador.

Características:

- Capacidad 20 pallets (22 toneladas de fruta) .
- Recepción de pallets a temperatura ambiente o por debajo de ellas.
- Tiempo de permanencia variable dependiendo de temperaturas de entrada y salida deseadas además de tipo de fruta y/o tipo de empaque (12h para uva, 5h para arándano, tiempos de diseño).

Dimensiones:

- Altura: 4,5m
- Ancho: 14,5m
- Largo total: 15m

Especificaciones técnicas:

1. Paredes de panel termino de 150mm de espesor.
2. Red de deshielo.
3. Dos ventiladores con giro invertido de 10 hp.
4. Motobomba de 1.5 hp.
5. Un evaporador.
6. Chasis Galvanizado para soporte de evaporador.
7. Lona cobertora de pallets con ascenso y descenso mecánico.
8. Cuatro Sensores de temperatura para pulpa y dos de ambiente.
9. Controlador-registrador de temperatura.
10. Tablero de control.

Fuente: Seguridad Patrimonial de Agrícola Zeit Organisch S.A.C